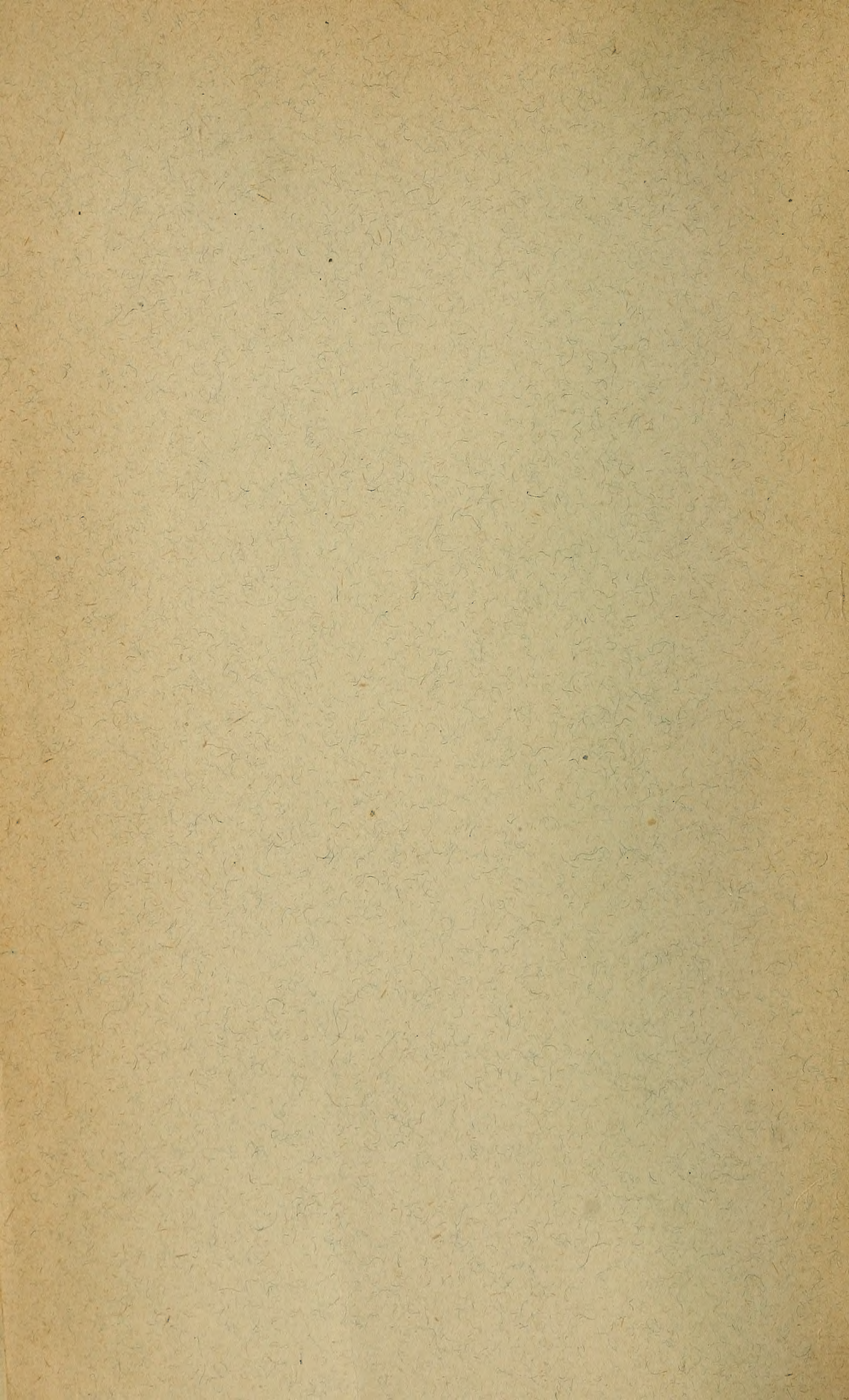
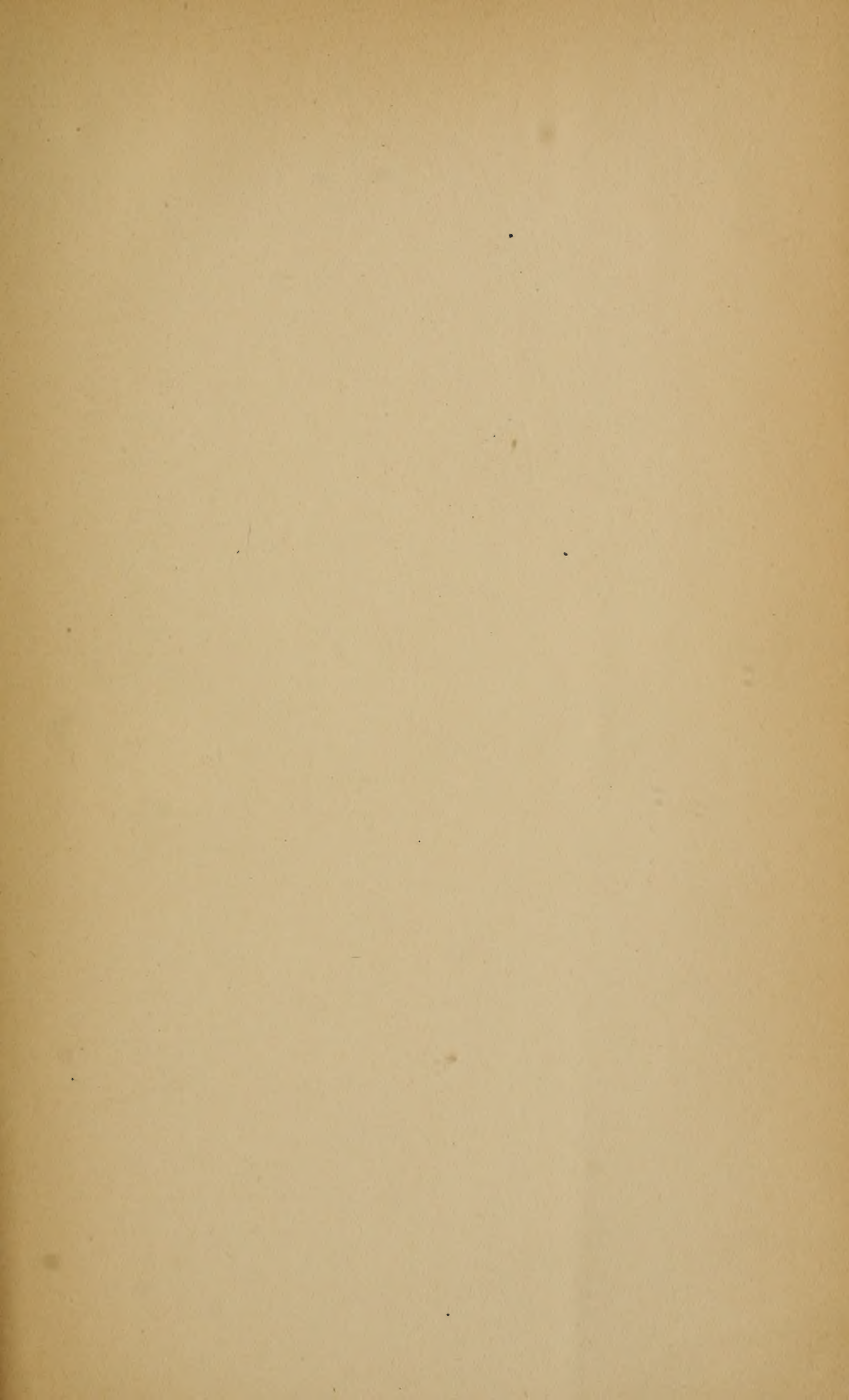
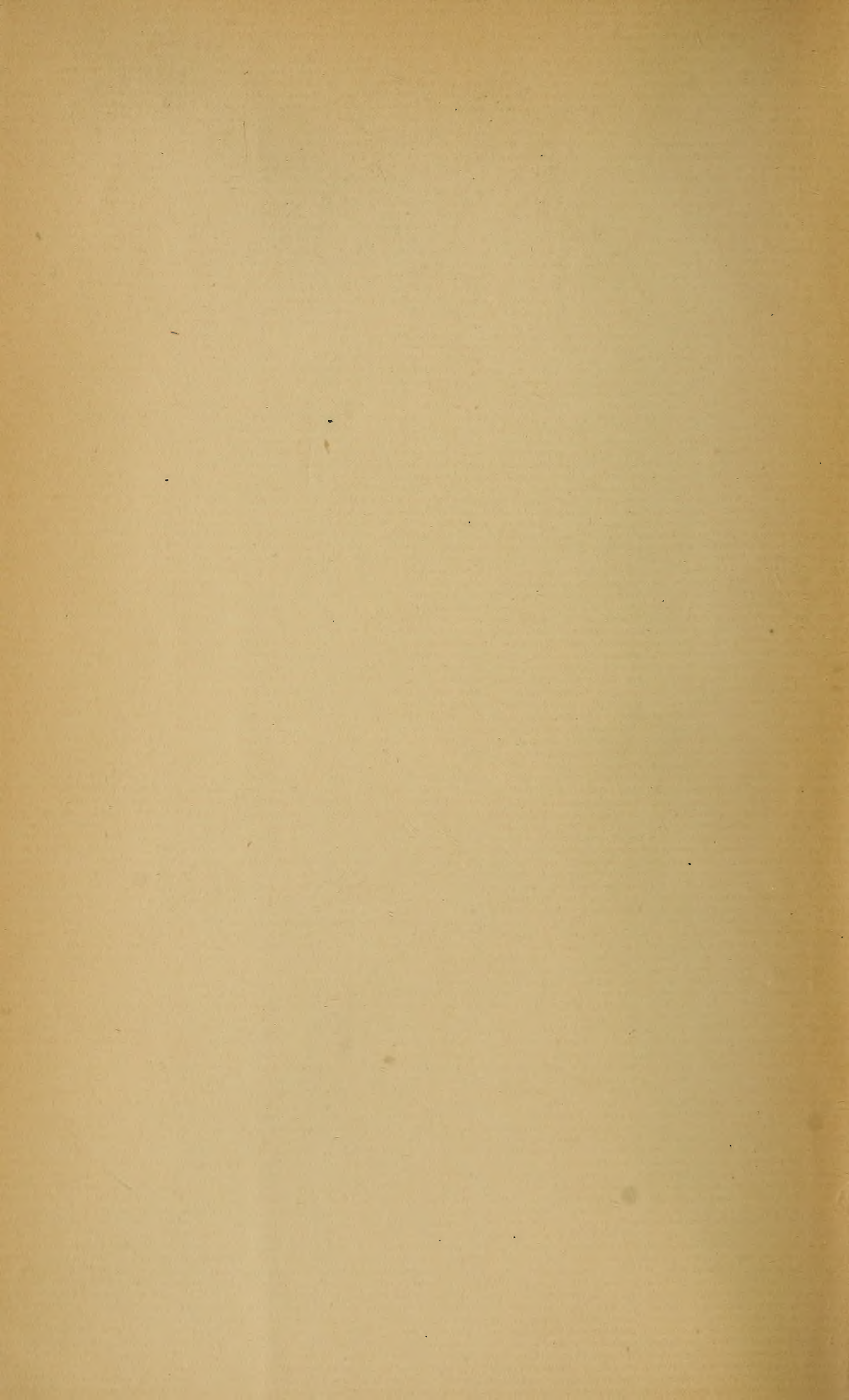
Frederic S. Lee







Handbuch der vergleichenden Histologie und Physiologie der Haussäugethiere.

Bearbeitet von

Prof. Dr. Berlin in Stuttgart, Prof. Dr. Bonnet in Würzburg, Prof. Dr. Csokor in Wien, Dr. Edelmann in Dresden, Prof. Dr. Eichbaum in Giessen, Prof. Dr. Ellenberger in Dresden, Prof. Dr. Flesch in Bern, Prof. Kitt in München, Prof. Dr. Latschenberger in Wien, Prof. Dr. Polansky in Wien, Prof. Dr. Schindelka in Wien, Docent Schlampp in München, Prof. Dr. Sussdorf in Stuttgart, Prof. Tereg in Hannover.

Herausgegeben von

Dr. W. Ellenberger,
Professor an der Königl. Thierärztlichen Hochschule in Dresden.



Zweiter Band: Physiologie.

BERLIN.
VERLAG VON PAUL PAREY.
Verlagshandlung für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.
SW., 10 Hedemannstrasse.
1890.

Vergleichende Physiologie

der

Haussäugethiere.

Bearbeitet von

Prof. Dr. BONNET in Würzburg, Dr. EDELMANN in Dresden, Prof. Dr. ELLENBERGER in Dresden, Prof. Dr. LATSCHENBERGER in Wien, Prof. Dr. POLANSKY in Wien, Prof. Dr. SCHINDELKA in Wien, Docent SCHLAMPP in München, Prof. Dr. SUSSDORF in Stuttgart, Prof. TEREG in Hannover.

Herausgegeben von

Dr. W. Ellenberger,
Professor an der Königl. Thierärztlichen Hochschule in Dresden.



Theil I.

Mit 82 Textabbildungen.

BERLIN.
VERLAG VON PAUL PAREY.
Verlagshandlung für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.
SW., 10 Hedemannstrasse.
1890.

Vorwort.

Das Handbuch der vergleichenden Histologie und Physiologie sollte eigentlich nur in 2 Bänden, von denen der eine die Histologie, der andere die Physiologie enthält, ausgegeben werden. Bei der Bearbeitung der Physiologie stellte es sich jedoch heraus, dass der Umfang des Werkes, wenn es den an dasselbe zu stellenden Anforderungen genügen sollte, so umfangreich werden musste, dass das Buch, in einen Band zusammengebunden, höchst unhandlich werden würde. Aus diesem Grunde haben sich Herausgeber und Verleger entschlossen, das Handbuch der Physiologie in zwei Theilen herauszugeben. Der vorliegende Theil I enthält die gesammte Stoffwechselphysiologie (Blut, Kreislauf, Se- und Excretionen, Verdauung, Gesammtstoffwechsel), während Theil II die Wärme-, Muskel- und Nervenphysiologie, die Physiologie der Sinne, der Zeugung und Entwickelung enthalten soll. Die Ausgabe dieses Schlusstheiles wird im Jahre 1891 erfolgen können.

Das langsame Erscheinen der einzelnen Theile findet seine Erklärung in der Eigenartigkeit des Unternehmens. Würde es sich um ein compilatorisches Lehrbuch handeln, dann hätte die Bearbeitung nicht so viel Zeit in Anspruch genommen; auch hätte dann das ganze Werk von einem Autor allein bearbeitet werden können. Bei einem Originalwerke aber, in welchem wissenschaftliche Forscher, die sich auf selbst gemachte experimentelle Erfahrungen stützen, die einzelnen Kapitel bearbeiten und die vor der Veröffentlichung derselben wichtige streitige Punkte durch neue Untersuchungen zu entscheiden suchen, kann die Publication nur langsam erfolgen. Im anderen Falle würde der Werth des Werkes erheblich leiden.

Am Schlusse des zweiten Theiles wird sich ein Sachregister über beide Theile der Physiologie befinden; über einige sachliche Gesichtspunkte, welche bei Abfassung des Werkes massgebend gewesen sind, wird sich der Herausgeber im Vorwort zum zweiten Theile der Physiologie aussprechen.

Dresden, im Herbst 1890.

Dr. Ellenberger.

Inhalt.



Einleitung.

Von

Ellenberger.

Eintheilung der Naturwissenschaften. Entsprechend der gebräuchlichen Eintheilung der Naturkörper in unbelebte und belebte, theilt man die Wissenschaften, die sich mit ihnen beschäftigen, in abiologische und biologische ein. Die ersteren (Chemie, Physik, Mineralogie u. s. w.) befassen sich mit der unbelebten Materie und den in der unbelebten Natur geltenden Gesetzen. Die biologischen Wissenschaften wählen zu ihrem Forschungs- und Lehrobjekt die Lebewesen. Sie betrachten dieselben 1. in Bezug auf ihren Bau und ihre Gestaltungsverhältnisse und die in dieser Richtung geltenden Formengesetze — morphologische Wissenschaften; 2. in Bezug auf die in und an ihnen ablaufenden Vorgänge und die daraus resultirenden Erscheinungen — physiologische Wissenschaften.

Morphologische Wissenschaften sind die Anatomie (Phytotomie, Zootomie), die Merologie, die Organologie, die Histologie (mikroskopische Morphologie), die Morphologie der Lebewesen im engeren Sinne, die morphologische Embryologie u. s. w. Mit diesen Wissenschaften befassen wir uns in diesem Lehrbuche nicht. Ihre Kenntniss muss beim Studium der Physiologie vorausgesetzt werden.

Begriff und Eintheilung der Physiologie. Die Physiologie ist die Lehre von dem Leben der gesunden Thiere (Zoophysiologie), Pflanzen (Phytophysiologie) und Protisten.*) Wir werden uns im Nachfolgenden speciell mit der Thierphysiologie beschäftigen. Sie schildert die Erscheinungen und Vorgänge des thierischen Lebens in allen seinen Formen, sucht die Grundursachen der Lebensprocesse zu erforschen und die Lebensvorgänge und -Erscheinungen auf die in der unbelebten Natur giltigen Gesetze, besonders die Gesetze der Chemie und Physik zurückzuführen.

Die Thierphysiologie kann man eintheilen in: 1. die vergleichende Physiologie. Sie schildert das Leben aller uns bekannten Thiere resp. Thier-

*) Die Betrachtung des Lebens der kranken Lebewesen ist Gegenstand der Pathologie.

familien, indem sie die Lebenserscheinungen und -Vorgänge derselben untereinander vergleicht. 2. Die Physiologie des Menschen. Sie betrachtet nur das Leben des Menschen. 3. Die Physiologie der Haussäugethiere, Veterinärphysiologie. Diese Wissenschaft befasst sich mit der Betrachtung des Lebens der Haussäugethiere. Es geschieht dies aber in der Weise, dass die verschiedenen Lebensverrichtungen der betr. Thierarten unter einander verglichen werden. Demnach stellt sie eine vergleichende Physiologie der Hausthiere dar Ausserdem aber zieht dieselbe vergleichsweise auch die Physiologie des Menschen in den Bereich ihrer Betrachtungen.

Bekanntlich sind diese künstlichen Eintheilungen unnatürlich, und giebt es nur eine einheitliche Physiologie der Lebewesen. Von den genannten, künstlich getrennten Disciplinen schöpft die eine aus der anderen, die Menschenphysiologie aus der Veterinärphysiologie und letztere aus ersterer u. s. w. Für alle Lebewesen gelten dieselben Gesetze; im Leibe des Menschen laufen im Wesentlichen dieselben Vorgänge ab, wie im Thierleibe; die Muskelzelle des Menschen arbeitet nach denselben Gesetzen, wie die thierische Muskelzelle u. s. w.

Die Disciplin »Thierphysiologie« wird von vielen Autoren und physiologischen Lehrern in eine allgemeine und specielle Physiologie eingetheilt. Unter allgemeiner Physiologie versteht man die Lehre von den Erscheinungen und Vorgängen des Lebens im Allgemeinen.

Sie schildert die allgemeinen Symptome und Vorgänge des Lebens, stellt deren Gesetzmässigkeit fest, sucht ihre Ursachen zu erforschen und die im organischen Reich waltenden Kräfte auf die Kräfte in der unorganischen Natur zurückzuführen.

Die specielle Physiologie beschäftigt sich mit der Feststellung und Schilderung der Verrichtungen der einzelnen Organe, Apparate und Systeme des Thierkörpers und sucht nachzuweisen, dass diese Functionen der nothwendige Ausfluss der bestimmten Form- und Mischungsbesonderheiten der betr. Organe und des Waltens derselben Kräfte sind, die in der anorganischen Natur wirken. Gewöhnlich rechnet man zur Physiologie auch noch die Lehre von der Zeugung und Entwickelung der Geschöpfe. — In neuerer Zeit kann man auch noch von einer mikroskopischen Physiologie sprechen. Die Histologie trennt sich nämlich allmählig in einen morphologischen und einen physiologischen Theil.

Das Studium der Physiologie erfordert eine Reihe von Vorkenntnissen, so die Kenntniss von dem Bau der Thiere (d. h. die Anatomie und Histologie), von der chemischen Zusammensetzung der Formelemente, von den physikalischen und chemischen Gesetzen (der Physik und Chemie) u. s. w.

A. Allgemeine Physiologie.

Gewöhnlich werden in der allgemeinen Physiologie abgehandelt: Die Lehre vom Stoff und den Kräften im Allgemeinen, von freier und latenter Kraft, von der chemischen Affinität, von der Elektricität, der Wärme, dem Magnetismus und dem Licht, von der Constanz der Kraft und des Stoffes, von den chemischen Bestandtheilen und den chemischen Vorgängen im Körper, vom Individuum als Erhalter seiner selbst und seiner Art, von den Lebensvorgängen und Erscheinungen der Thiere und Pflanzen im Allgemeinen, vom Leben der Zellen, von den Fundamenten des Stoffwechsels, von der Hydro- und Gasdiffusion und der Filtration, ferner die allgemeine Nerven- und Muskel-

physiologie resp. die allgemeine Bewegungslehre, die Grundgesetze der Optik, der Akustik, der Ontogenie, der Ernährung und des Wachsthums.

Wie ersichtlich, gehört ein sehr bedeutender Theil dieses Lehrstoffes in das Gebiet der Chemie und Physik, d. h. zweier Wissenschaften, deren Studium dem der Physiologie vorausgehen muss. Diese Lehren sollen deshalb von uns nicht näher abgehandelt werden. Andere Abschnitte wie die allgemeine Nerven- und Muskelphysiologie, die Lehre von der thierischen Elektricität, von der Diffusion und Filtration, von der Optik und Akustik und den allgemeinen Zeugungsgesetzen sollen als Einleitungen in die betr. Kapitel der speciellen Physiologie (der speciellen Nerven- und Muskelphysiologie, der Resorption, der Dioptrik u s. w.) und nicht hier besprochen werden, weil dadurch nach meiner Ansicht beim Studirenden bessere Erfolge erzielt werden. Demnach bleiben uns nur wenige Kapitel hier zu behandeln, nämlich die Lehre von den Vorgängen und Erscheinungen des Lebens im Allgemeinen und die Lehre vom Zellenleben.

1. **Das Leben.** Das Leben ist nicht der Ausfluss einer besonderen Lebenskraft, wie man früher annahm, sondern es ist das Ergebniss chemischer und physikalischer Vorgänge, welche gesetzmässig in den mit gewissen physikalischen und chemischen Eigenschaften ausgestatteten Lebewesen ablaufen. Die betr. Vorgänge bedingen das Zustandekommen von wahrnehmbaren Erscheinungen, den Lebenserscheinungen. Diese stellen sonach in ihrer Gesammtheit das wahrnehmbare Leben dar, so dass wir jedes Ding, welches die Lebenserscheinungen erkennen lässt, als ein Lebewesen, ein Individuum betrachten müssen. Die Lebewesen können nun aber selbstständig, jedes für sich existiren oder sie können mit anderen eine derartige staatliche Verbindung eingehen, dass ihre Selbstständigkeit leidet und die einzelnen Individuen von einander und vom ganzen Complex abhängig werden. Ein solcher Individuencomplex kann dann als ein höheres, selbstständiges, eigenwilliges und selbstthätiges zusammengesetztes Individuum erscheinen, dessen Leben als das Product der Thätigkeit der Einzelwesen anzusehen ist. Unter den Einzelindividuen dieses höheren Organismus besteht Arbeitstheilung. Die Anpassung von Individuengruppen an bestimmte Functionen bedingt natürlich die Ausbildung bestimmter morphologischer Eigenthümlichkeiten derselben, d. h. die morphologische Differenzirung der Theile des höheren Individuums.

Das Leben zeigt im Allgemeinen folgende Haupterscheinungen: 1. die Erscheinungen des Stoffwechsels und der Assimilation, 2. die Erscheinungen der activen spontanen Bewegung, 3. die Erscheinungen der spontanen Reaction auf äussere Einflüsse (Empfindlichkeit), 4. die Erscheinungen der Fortpflanzung und Vermehrung, der Vervielfältigung.

1. **Der Stoffwechsel.** In allen Lebewesen finden unter Aufnahme und Abgabe von Stoffen ununterbrochen chemische Vorgänge statt, die in Oxydationen und Reductionen, synthetischen und asynthetischen Processen u. s. w. bestehen und die Zerstörung alter und die Bildung neuer Stoffe bewirken. Demnach ändern die Lebewesen fortwährend ihre chemische Zusammensetzung und ihren Gehalt an chemischen Körpern. In dieser Thatsache liegt der wesentlichste Unterschied der

lebenden von den unbelebten und den anorganischen Körpern begründet. Die Aufnahme von Stoffen aus der Aussenwelt und die chemischen Processe im Körper bezwecken Neubildung von organischen Stoffen (Körpermaterial), Ersatz von verloren gegangenem Material und Kräftelieferung für den Ablauf der Lebensvorgänge. Diejenigen Vorgänge, welche dahin führen, dass das in den Körper eingeführte Material zu Theilen der Lebewesen wird, bezeichnet man als Assimilations-, dagegen diejenigen Vorgänge, welche unter Zerstörung von organischem Material Kräfte frei machen, als Stoffwechselvorgänge im engeren Sinne.

a) Die **Assimilationsvorgänge**. Sie führen zum Stoffansatz. Dadurch wird das Wachsthum der Lebewesen und der Wiederansatz verloren gegangener Körperbestandtheile erreicht. Unter Umständen führen die Assimilationsprocesse auch nur zu einer einfachen Ablagerung des assimilirten Materials, damit dieses in Zeiten der Noth, während welcher die Zufuhr unzureichend ist, für die Stoffwechselvorgänge als Kraftmaterial benutzt werden kann (Fettablagerungen etc.). Die erste Bedingung der Assimilation ist die Aufnahme von Stoffen aus der Aussenwelt. Diese Stoffe können sowohl anorganischer als organischer Natur sein. Dieselben werden entweder direct als Theile der Lebewesen angesetzt, ein seltenes Ereigniss, oder sie werden vor dem Ansatz erst umgewandelt, und zwar in der Regel dadurch, dass sie synthetischen oder asynthetischen Processen (Fettbildung aus Eiweiss) verfallen und dadurch assimilirt, d. h. den Theilen des betr. Lebewesens ähnlich oder gleich gemacht werden. Meistens sind die Assimilationsprocesse synthetischer Natur. Aber auch bei diesen werden einzelne Elemente oder Verbindungen frei und als unbenutzbar aus dem Körper ausgeschieden, so dass also der Stoff-Einnahme eine Stoff-Ausgabe gegenüber steht. Die Ausgabe bezieht sich auch auf solche Körpertheile, die unbrauchbar und abgestorben sind. Zu den synthetischen Processen gebrauchen die Lebewesen freie Kraft, die dem neu entstehenden Körper dann als Spannkraft innewohnt. Die Kraft wird entweder von aussen, von der Sonne, oder von Stoffwechselvorgängen, welche neben der Assimilation in dem betr. Lebewesen ablaufen, geliefert.

b) Der **Stoffwechsel**. Der Stoffwechsel beruht in seinen Folgen auf dem Gesetze der Erhaltung der Kraft. Der Ablauf der Lebensvorgänge in den als Kraftmaschinen zu betrachtenden Lebewesen erfordert eine gewisse Summe von Kräften, so dass das Leben mit einem Verbrauch von Kräften verbunden ist.

Die Quelle der Kräfte ist für den gesammten Organismus in dem Stoffwechsel gegeben, welcher das Freiwerden von latenter Kraft und das Kräftegleichgewicht des Organismus zum Zwecke hat. Im Stoffwechsel wird Material, welches an Spannkräften reich ist, zersetzt. Dadurch werden die Kräfte theilweise frei und zu den Zwecken des Lebens, den mechanischen und generativen Kraftäusserungen verwendbar. Sonach hängen alle anderen Vorgänge und Erscheinungen im Thierkörper und alle seine Leistungen vom Stoffwechsel als der Kraftquelle

ab. Es besteht demnach ein causaler Zusammenhang zwischen den einzelnen Lebenserscheinungen.

Das zum Stoffwechsel nothwendige, an Spannkräften reiche Material ist in den complicirt zusammengesetzten organischen Körpern, wesentlich den Eiweisskörpern, Kohlehydraten und Fetten, d. h. Stoffen, welche als Bestandtheile der Thiere und Pflanzen vorkommen, gegeben. Sonach können die Thiere ihren Kräftebedarf eine Zeit lang durch Verbrauch ihrer eigenen Bestandtheile decken. Auf die Dauer ist dies natürlich nicht möglich, weil sich sonst die Thiere selbst verzehren würden. Deshalb muss dem Thierkörper von aussen Kraftmaterial (aus dem Thier- oder Pflanzenreich) zugeführt werden. Das eingeführte Material wird entweder behufs Freimachen seiner Spannkräfte direct zersetzt, oder es wird erst assimilirt, d. h. zu Körpermaterial gemacht und eventuell zum Ersatz des im Stoffwechsel verbrauchten Körpermateriales verwendet, um dann erst den Zersetzungen zu verfallen und schliesslich ebenfalls durch neu eingeführte Körper ersetzt zu werden.

Die Zersetzungsvorgänge werden im engeren Sinne als die Stoffwechselvorgänge bezeichnet. Sie stellen grösstentheils Oxydationsprocesse (Verbrennungsprocesse) dar. Das zu zersetzende Kraftmaterial besteht aus hoch zusammengesetzten, sauerstoffarmen, kohlenstoffreichen organischen Körpern. Diese werden unter Sauerstoffaufnahme in einfacher zusammengesetzte Stoffe zerlegt. Dabei werden Kräfte frei. Die freien Kräfte äussern sich wesentlich als Wärme, Electricität, Bewegung und Arbeitsleistung. Bei den Stoffwechselvorgängen entstehen natürlich neue Körper, die **Stoffwechselproducte**, unter denen als **Endproducte** besonders Kohlensäure, Wasser und Ammoniak zu erwähnen sind. Diese Körper werden als in der Regel für die Lebensprocesse unverwendbar an die Aussenwelt als Excrete abgegeben. Demnach steht auch beim Stoffwechsel der Stoffeinnahme eine Stoffausgabe gegenüber. Beide stehen in einem bestimmten Verhältnisse zu einander. Sind beide einander gleich, dann bleibt der Thierkörper in demselben Nährzustande wie vorher; ist die Ausgabe grösser, dann geht der Nährzustand zurück; übersteigt die Einnahme die Ausgabe, dann findet Ansatz und eventuell **Wachsthum** statt.

Die grob wahrnehmbaren **Erscheinungen** des Stoffwechsels bestehen wesentlich in der leicht zu constatirenden Aufnahme und Abgabe von Stoffen und in dem Freiwerden von Kräften, namentlich der Entstehung von Wärme.

Die **Stoffaufnahme** besteht nicht blos in der erwähnten Aufnahme von organischen Körpern, sondern es muss vor Allem der die Zersetzungen dieser bedingende Sauerstoff besonders aufgenommen werden. Die **Aufnahme** dieses Gases stellt im Zusammenhange mit der **Abgabe** des Kohlensäuregases die **Athmung** dar. — Da bei der Ausscheidung der Stoffwechselproducte eine nicht unerhebliche Menge von Wasser (als Lösungsmittel etc.) verbraucht und mit diesem dem Organismus auch Körpersalze entzogen (mitgerissen) werden, so müssen die Lebewesen auch **Wasser und Salze behufs Fortbestand des gesunden Lebens aufnehmen.**

Die **Stoffabgabe** erfolgt in verschiedener Weise. Die Stoffwechselproducte werden in der Regel im flüssigen oder gasförmigen Zustande ausgeschieden.

2. Die **Bewegung**. Die Lebensäusserung der Organismen, die wir als **Bewegung** bezeichnen, ist dadurch charakteristisch, dass sie scheinbar ohne äusseren Anstoss erfolgt. Sie ist eine automatische, eine spontane und nicht eine mitgetheilte oder passive Bewegung. Sie ist der Ausfluss dessen, was man Willen oder Seele des Individuums nennt. Bewegung kommt im engeren Sinne allen Lebewesen zu; aber sie geht nicht immer mit Gestalts- und Ortsveränderungen einher. Diejenigen Individuen, bei denen diese Erscheinungsformen nicht auftreten, bei denen also die Bewegung nur innerlich abläuft, werden im gewöhnlichen Leben als bewegungslos bezeichnet. Zu ihnen gehören die höheren Pflanzen und nur wenige Thiere. Die höheren Thiere können als Kraftmaschinen mit aktiv bewegenden (Muskeln) und passiv bewegten Theilen aufgefasst werden. Die Anregung zu den Bewegungen geht bei allen höheren Thieren stets von besonderen Körpertheilen, den Nerven und den nervösen Organen aus.

3. Die **Empfindung**. Alle Lebewesen sind **empfindlich**, d. h. sie besitzen in höherem oder geringerem Grade das Vermögen, auf äussere Eindrücke zu reagiren. Gegen jede Einwirkung von aussen erfolgt eine Gegenwirkung, die nicht rein physicalischer Natur ist, sondern uns als ein Lebensvorgang entgegentritt. Die Verletzung eines Baumes hat ebensowohl bestimmte Lebenserscheinungen zur Folge, wie die Verwundung eines Menschen oder eines Thieres.

4. Die **Fortpflanzung**. Da sich in Folge der Lebensvorgänge gewisse Theile des Körpers der Lebewesen ebenso wie die Theile einer leblosen Maschine allmählich abnutzen und nicht durch neue gleiche Theile ersetzt werden können, so muss das Leben allmählich erlöschen; die Lebe-Maschine muss still stehen. Das Leben führt also zur Vernichtung, zum Untergange des Individuums, zum Tode. Alle Individuen müssen sterben. In Folge dessen würde das Leben auf der Erde überhaupt bald erlöschen, wenn nicht in irgend einer Weise, durch neue Schöpfungsakte oder in einer andern Art für die Fortdauer des Lebens gesorgt wäre. Die Fortdauer des Lebens und die Erhaltung der Art wird nun durch die sogenannten **Fortpflanzungs-** oder **Vermehrungsvorgänge** erreicht. Dieselben bestehen im Allgemeinen darin, dass sich von den in voller Lebenskraft stehenden Individuen Theile (Keime) ablösen, die sich, während die alten Individuen allmählich dem Tode entgegen gehen, direkt oder nach vorheriger Verschmelzung je zweier Keime zu neuen Individuen entwickeln. Bei den niedersten Lebewesen besteht die Fortpflanzung häufig in einer einfachen Vermehrung durch Theilung oder Knospenbildung Jedenfalls ist der Effekt immer derselbe; aus den vorhandenen Individuen bilden sich neue, und auf diese Weise wird trotz des fortwährenden Sterbens der älteren Geschöpfe für das Fortbestehen der Art gesorgt.

Unterschiede zwischen dem Thier- und Pflanzenleben. Die geschilderten Lebenserscheinungen und die ihnen zu Grunde liegenden Vorgänge laufen sowohl an den Pflanzen wie an den Thieren ab; trotzdem unter-

scheidet sich das Leben beider Formen der Lebewesen ganz bedeutend von einander und zwar namentlich durch die Art der chemischen Vorgänge und ihrer Erscheinungen. In den Thieren herrschen die asynthetischen Stoffwechselvorgänge (Oxydationsprozesse) vor und bedingen eine erhebliche Produktion von Wärme; in den Pflanzen sind diese Processe nur minimaler Natur, und treten synthetische Vorgänge, die unter Verbrauch von Wärme ablaufen, an ihre Stelle. Während sonach in den Thieren organische, hoch zusammengesetzte, sauerstoffarme, oxydirbare, verbrennliche Körper unter Oxydation in anorganische niederer zusammengesetzte Stoffe zerfallen, werden in den Pflanzen aus einfach componirten, sauerstoffreichen oder sauerstoffgesättigten, anorganischen Körpern organische, hoch zusammengesetzte, sauerstoffarme Stoffe, die zu Theilen der Pflanzen werden, gebildet. Der Thierkörper wandelt Stärkemehl, Zucker, Albuminate, Fette u. s. w. unter Verbrennung allmählich, d. h. stufenweise, in Kohlensäure, Wasser, Ammoniak (Harnstoff) u. s. w. um, während der Pflanzenkörper aus den letzteren die ersteren bildet.

Die Pflanzenarbeit kann nur im Sonnenlicht vollzogen werden, weil die Pflanzen die Sonnenkraft (Wärme) zu dem Aufbau der organischen Körper benutzen. Demgemäss ist nach dem Gesetze von der Constanz der Kraft in den gebildeten organischen Körpern die betr. bei ihrer Bildung verbrauchte Kraftsumme enthalten, welche ganz oder theilweise frei wird und als Wärme, Bewegung, Electricität etc. in die Erscheinung tritt, sobald die betr. Stoffe, wie dies im Thierkörper geschieht, wieder zertrümmert (gespalten, oxydirt, verbrannt) werden. Beachtenswerth ist noch, dass die Synthese in den Pflanzen nur bei Gegenwart von Chlorophyll abläuft und dass sich die chlorophylllosen Pflanzen wie die Thiere verhalten.

Als äussere Erscheinungen der inneren Vorgänge in Pflanzen und Thieren beobachtet man abgesehen von Wärmeabgabe oder Wärmeverbrauch noch Folgendes:

Die Thiere athmen den für die Stoffwechselvorgänge nothwendigen Sauerstoff ein und geben die gebildete Kohlensäure an die Aussenwelt ab, während die Pflanzen Kohlensäure einnehmen und den aus der aufgenommenen Kohlensäure und dem Wasser bei den genannten synthetischen Vorgängen frei werdenden Sauerstoff abgeben. Die Thiere nehmen mit der Nahrnng Eiweiss, Kohlehydrate und Fette auf und geben mit den Excreten Ammoniak und Wasser ab, die Pflanzen nehmen Wasser, Salpetersäure, Ammoniak und Stickstoffgas (neben CO_2) auf und häufen die aus diesen und der Kohlensäure gebildeten Körper, Eiweiss, Kohlehydrate und Fette, organische Säuren, Harze, ätherische Oele etc. in sich auf. Das Ganze stellt also eine Circulation von Kraft und Stoff in der Natur dar. Was die Pflanzen abgeben, nehmen die Thiere auf und umgekehrt.

Die Kraft, welche die Pflanzen von der Sonne beziehen, gelangt mit ihnen in den Thierkörper — die Thiere fressen also Sonnenkraft, Sonnenwärme — und wird

hier wieder frei und an die Aussenwelt in dieser oder jener Form wieder übertragen. Die Thiere ernähren sich von den Pflanzen, direct (herbivoren) oder indirect (carnivoren), die Pflanzen von den Thieren, resp. deren Excreten und Cadavern. Das Leben der Thiere bedingt das der Pflanzen und umgekehrt. Das Athmen der Thiere müsste eine Kohlensäureüberhäufung der Luft zur Folge haben, wenn nicht die Pflanzen die Kohlensäure aufnähmen und dadurch beseitigten; ebenso müsste das Athmen der Thiere einen Sauerstoffmangel erzeugen, wenn die Pflanzen nicht den Sauerstoff lieferten. Natürlich können sich die Pflanzen nicht nur von thierischen Excreten und gestorbenen und zerfallenen Thieren, sondern auch von solchen Pflanzen ernähren, welche gestorben und zerfallen sind.

Auch die Thiere beziehen ihre Nahrung vielfach nicht von Pflanzen, sondern von Thieren, indem das eine Thier die Theile eines anderen aufnimmt; hieraus nimmt das Thier aber doch nur organische Verbindungen auf, welche schliesslich dem Pflanzenreiche entstammten. Wenn die Katze sich von Mäusen nährt, so nährt sie sich von den Stoffen, welche die Maus aus der Pflanzenwelt bezogen hat.

Es darf aber nicht unerwähnt bleiben, dass in dem Thierkörper neben den asynthetischen auch synthetische und im Pflanzenkörper neben letzteren auch asynthetische Vorgänge ablaufen, dass also auch in den Pflanzen Stoffwechsel- und Verbrennungsprocesse stattfinden. Im Thierkörper überwiegen aber die asynthetischen und im Pflanzenkörper die synthetischen Vorgänge.

Auf die Betrachtung anderer Unterschiede des Thier- und Pflanzenlebens, welche früher aufgestellt wurden, aber jetzt nicht mehr als zutreffend anzuerkennen sind, als z. B. das Fehlen der activen Bewegung und der Wärmebildung im Pflanzenreich u. s. w. soll hier nicht eingegangen werden. Bei den niedersten Lebewesen ist es vielfach unmöglich zu entscheiden, wie sie sich ernähren, welche Vorgänge in ihnen ablaufen u. s. w. und ob dieselben dem Thier- oder Pflanzenreich einzureihen sind. Man hat sie deshalb in das Reich der Protisten, d. h. Lebewesen, welche zwischen Thieren und Pflanzen stehen, vereinigt.

Das **Leben der Zellen.** Die sämmtlichen im Vorstehenden allgemein geschilderten Lebensvorgänge laufen in den Bausteinen unserer höheren Thiere uud Pflanzen, in den Zellen, die selbst als Lebewesen zu betrachten sind, ab, sodass das Gesammtleben eines höheren Lebewesens nur die Summe resp. das Product der lebenden Thätigkeit der Zellen ist; es ist das Produkt des Zusammenwirkens aller einzelnen Theile zum Zwecke des Ganzen. Wenn also die mikroskopischen Lebensheerde, die Zellen, für sich arbeiten und eigene Funktionen haben, so arbeiten sie doch alle zum Wohle des Ganzen. Dadurch wird dieses zu einer Einheit. Demnach ist das Leben eines höheren Thieres von dem richtigen Arbeiten jedes einzelnen Theiles abhängig; die Theile sind aber auch gegenseitig von einander und vom Ganzen abhängig. Es muss also eine Correlation der Zellen untereinander bestehen. Diese wird bei höheren Thieren durch das Nervensystem hergestellt. Die Lebensvorgänge und Erscheinungen der Zellen stimmen mit denen der höheren Thiere vollkommen überein.

Chemie der Zelle. Die aus der Histologie morphologisch bekannte Zelle besteht chemisch aus organischen und anorganischen Stoffen. Die organischen Stoffe sind zum Theil stickstoffhaltige, zum Theil stick-

stofffreie Körper; zu ersteren gehören z. B. Albuminate, Fibrine, Caseine, albuminoide Stoffe, Albuminderivate, Ammoniakderivate, organische Säuren, Pigment, Alcaloide u. s. w., und zu letzteren Zucker, Stärkemehl, Pflanzenschleim, organische Säuren, Fette, Oele, Seifen etc.

An anorganischen Körpern findet man vor allen Dingen viel Wasser, dann viele Salze, neutrale, alkalische und saure Salze, namentlich schwefelsaure, phosphorsaure und kohlensaure Alkalien und alkalische Erden und Chloralkalien etc., dann auch Gase (Sauerstoff, Kohlensäure, Stickstoff. Grubengas etc.).

Man findet in den organischen Körpern 7 Elemente O, N, H, C, S, Ph, Fe; C fehlt nie. — Zu diesen kommen in den Lebewesen noch folgende Elemente, die in der Asche derselben gefunden werden: Cl, Fl, Si, K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, zuweilen Cu.

Die organischen Bestandtheile bilden den Haupttheil, das Lebende, des Zellleibes, die anorganischen Salze dienen zum Theil als Stützmaterial und Bildner des Zellskelets, zum Theil zur Einleitung von Diffusions- und Imbibitionsvorgängen, zur Regulirung der Reaktionsverhältnisse, als Reizmittel der Zellsubstanz u. s. w. In der Pflanzenzelle kommen als besondere ihr eigenthümliche bei Thieren nur ganz ausnahmsweise auftretende Bestandtheile, das Chlorophyll und die Cellulose vor.

Der **Chemismus** der Zellen. In allen lebenden Zellen laufen ohne Unterlass chemische Vorgänge ab, so dass die chemische Zusammensetzung derselben sich ununterbrochen ändert. In den Pflanzenzellen finden die besprochenen Desoxydations- (Reductions-) Vorgänge resp. Assimilationsprocesse unter Kräfteverbrauch, indem der Sauerstoff durch die Sonnenwärme ausgetrieben wird, in grossem Maasstabe und die Stoffwechsel-Oxydationsprocesse nur in minimalem Maasse statt. Die Thierzellen zeichnen sich durch lebhafte Oxydations- und Spaltungsvorgänge aus, wodurch Kräfte in ihnen frei werden, die sie erwärmen, zu mechanischen Arbeitsleistungen, Contractionen, Flimmerbewegungen u. s. w. befähigen. Behufs Ansatz und Neubildung assimiliren sie nur das im fertigen Zustande aufgenommene Material, welches die Pflanzenzellen eigenthätig aus den anorganischen Körpern herzustellen vermögen. Die einzelnen Vorgänge der regressiven Metamorphose, d. h. die Art und Weise der Zersetzung der organischen Materie ist in den thierischen Zellen je nach ihrer Art verschieden. Der schliessliche Enderfolg ist überall derselbe, aber nicht der Weg, auf welchem er erreicht wird. Jede Zellart bildet andere Arten von Zwischenstufen zwischen den ursprünglichen organischen und den schliesslich entstehenden anorganischen Körpern. Die organischen Körper werden also nicht sofort in die Endproducte sondern erst in Uebergangsproducte umgewandelt; es können ganze Reihen solcher Zwischenglieder entstehen. Natürlich findet man die verschiedenen Producte dieser regressiven Metamorphose in den Zellen, wenn man sie mitten im Funktioniren untersucht. Die Zellen enthalten dann unter Umständen

Reihen von Körpern, die eine Kette bilden von den hoch zusammengesetzten ursprünglichen Körpern bis zum Wasser, Kohlensäure u. s. w. Die Natur dieser Stoffe verleiht den Zellen ihr charakteristisches Gepräge. In allen Thierzellen aber entstehen in Folge des Thätigseins organische und anorganische Säuren. Häufen sich dieselben so stark an, dass die Zellen sauer reagiren, dann sind letztere im ermüdeten oder erschöpften Zustande. Diese Regel gilt für die meisten Thierzellen. Natürlich werden die Stoffwechselproducte, d. h. das verbrauchte Material, aus den Zellen abgeführt (Zellausscheidung, Zellsecretion), auch werden die entstehenden Säuren neutralisirt. Sonst würde Lähmung und schliesslich der Tod der Zellen eintreten.

Zur Ernährung nehmen die Thierzellen dasselbe Material auf, welches den Thieren überhaupt zur Nahrung dient. Ihr Hauptnahrungsmittel ist das Eiweiss; im Uebrigen müssen aber auch Wasser, Salze, überhaupt alle Stoffe, die dem Stoffwechsel und der Ausscheidung unterliegen, eingeführt werden (s. vorn). Die Aufnahme und Abgabe von Stoffen erfolgt bei den Zellen vielfach einfach auf dem Wege der Hydro- und Gasdiffusion und Filtration; sie kann aber auch durch active Bewegungen ausgeführt werden

Die Zellen sind entweder selbstthätig, oder sie unterliegen, wie dies namentlich in höheren Organismen der Fall ist, einem Nerveneinflusse.

Das specifische Leben der einzelnen Zellenarten beruht auf Form und Molecularstructur, auf der chemischen Mischung und den physikalischen Eigenschaften ihrer Stoffe.

Das Speciellere über die Lebenserscheinungen der Zellen, über ihre Bewegungsformen, über ihre Reaction auf verschiedene Reizungen, über Beeinflussung derselben durch Temperatur und Wasser u. s. w., über ihre Fortpflanzungsformen ist im 1. Bande dieses Werkes, in dem Handbuche der Histologie, eingehend besprochen worden.

Zellentod. Das Leben der Zelle ist abhängig von einer bestimmten Temperatur, von Gegenwart von Feuchtigkeit, von der normalen chemischen Zusammensetzung, von der Zufuhr von Sauerstoff u. s. w. Wenn diese Bedingungen nicht erfüllt sind, dann sterben die Zellen. Sie sterben aber auch, wenn sie alt werden, d. h. an Altersschwäche, dies aber zu sehr verschiedener Zeit, weil ihre Lebensdauer je nach ihrer Art resp. Natur eine sehr verschiedene ist. Auch durch viele äussere, namentlich grobe mechanische Einflüsse kann der Tod der Zellen rasch oder langsam herbeigeführt werden. Nach der Zellart ist aber die Widerstandsfähigkeit gegen äussere Einflüsse sehr verschieden; es giebt Zellen, die man gefrieren und zu Staub eintrocknen lassen kann, ohne dass sie ihre Lebensfähigkeit einbüssen, sie sind in dem genannten Zustande nur scheintodt und erwachen zu neuem Leben, sobald sie wieder in normale Lebensbedingungen kommen; andere Zellen gehen bei den geringsten Läsionen, bei geringen Temperaturschwankungen zu Grunde. — Auch der Lebenslauf der Zellen ist je nach ihrer Art ein sehr verschiedener. Hierüber und über die Beschaffenheit der todten Zellen ist in dem Handbuche der Histologie das Nöthige vorgetragen worden.

Wie die einzelne Zelle, so stirbt natürlich auch das höhere Thier, d. h. der Zellstaat, unter gewissen Verhältnissen. Im todten Thiere sind alle Zellen in einer oder der anderen Richtung verändert, sie reagiren sauer, zeigen Trübungen, Niederschläge und andere physikalische Erscheinungen und Formen als vorher. Einige Zeit nach dem Tode tritt eine gewisse Starrheit und Festigkeit aller vorher weichen Thiertheile ein, die später von erweichenden Fäulnissprocessen, die zur Entstehung ammoniakalischer Zersetzungsproducte, zur alkalischen Reaction des Zellleibes etc. führen,

abgelöst wird. Natürlich erlöschen mit dem Eintritt des Todes die Lebenserscheinungen; nur wenige (Darmperistaltik, Flimmerbewegung u. s. w.) bestehen noch einige Zeit nach dem Tode fort. Im Magen tritt die Selbstverdauung ein u. s. w.

Die **Organisation der Thiere** von ihren niedersten bis zu den höchsten Formen, den Säugethieren, ist aus der vergleichenden Anatomie bekannt. Dort wird gezeigt, wie sich allmählig die Anlage und immer höhere Ausbildung eines Verdauungskanales, eines Circulations- und Athmungsapparates, in welchen Organsystemen die Oberflächenvergrösserung eine grosse Rolle spielt, die Anlage eines die Correlation der einzelnen Theile regelnden Nervensystems, eines Excretions- und eines Sexualapparates nothwendig gemacht hat und wie diese erfolgt ist.

Bei den nachfolgenden Betrachtungen werden genaue anatomische Kenntnisse bei den Lesern vorausgesetzt.

B. Die specielle Physiologie.

Einleitung. Die specielle Physiologie wurde früher in 2 Abtheilungen abgehandelt, als Stoffwechsel- und animale Physiologie oder erstere als Physiologie der Spannkräfte und letztere als Physiologie der freien Kräfte. Die Stoffwechselphysiologie, welche die in der allgemeinen Physiologie angedeuteten Stoffwechselvorgänge in ihren speciellen Erscheinungen bei den verschiedenen Arten der Lebewesen bespricht, wird deshalb als vegetative bezeichnet, weil die betreffenden Vorgänge auch in den Pflanzen ablaufen.

Die animale Physiolgie stellt die Physiologie der mechanischen und generativen Kraftäusserungen dar und ist deshalb so benannt worden, weil man früher annahm, dass die betreffenden Functionen, das Wirken der freien Kräfte, das Auftreten der Eigenwärme, der spontanen Bewegungen, die Functionen der Nerven, Muskeln und Sinnesorgane (Bewegung, Empfindung, Wahrnehmung) nur den Thieren zukämen. Abgesehen davon, dass diese Annahme irrig ist, so greifen aber auch die animale und vegetative Physiologie so in einander, dass eine gesonderte Darstellung derselben unmöglich ist. Die Athembewegungen, die Bewegungen der Verdauungsorgane u. s. w. sind z. B. Verrichtungen, welche der animalen Physiologie angehören. Des Zusammenhanges wegen müssen diese Functionen aber bei der Lehre von der Verdauung resp. Athmung besprochen werden. Deshalb lassen wir die genannte Scheidung fallen und wählen für unsere Betrachtungen die nachstehende Eintheilung:

I. Die Stoffwechselphysiologie:
   a) die Lehre vom Gesammtstoffwechsel,
   b) die Lehre vom Blute,
   c) die Lehre von den Blutbewegungen,
   d) die Lehre von den Einnahmen und Ausgaben des Blutes;
      α) die Lehre von den flüssigen Ausgaben (Se- und Excrete),
      β) die Lehre von den gasförmigen Einnahmen und Ausgaben des Blutes (Athmung),
      δ) die Lehre von den flüssigen Einnahmen des Blutes und zwar
         1. die Lehre von der Resorption,
         2. die Lehre von der Verdauung und
         3. die Lehre von der Absorption der Nährstoffe.

II. Die Wärme-Physiologie, die Lehre von der thierischen Wärme.

III. Die Muskelphysiologie, speciell die Lehre von der Bewegung (Bewegungsphysiologie).

1. allgemeine Muskelphysiologie und allgemeine Bewegungslehre,
2. specielle Bewegungslehre.

IV. Die Nervenphysiologie und zwar
1. die allgemeine Nervenphysiologie,
2. die specielle Nervenphysiologie (der Centralorgane und der Nerven),
3. die Lehre von den Sinnesorganen.

V. Die Lehre von der Fortpflanzung. In diesem Kapitel soll sowohl die Morphologie als die Physiologie der Fortpflanzung, d. h. die Lehre von der Gestaltung und von der Thätigkeit des Thieres während seiner Entwickelungsstufen behandelt werden. Man kann dieselbe eintheilen in: 1. Lehre von der Zeugung (Begattung und Befruchtung); 2. Lehre vom Ei und dessen Entwickelung; 3. Lehre von den Functionen des Fötus und 4. die Lehre von der Geburt. Die letztere wird in der Regel in den Lehrbüchern der Geburtshülfe speciell behandelt.

I. Stoffwechselphysiologie.

I. Die Lehre vom Gesammtstoffwechsel.

Von

J. Tereg,

Docent an der thierärztlichen Hochschule zu Hannover.

A. Die Elementarbestandtheile des Thierkörpers.

Unter dem Begriff der Ernährung kann man alle jene Vorgänge zusammenfassen, durch welche für diejenigen Ausgaben, welche dem Organismus fortdauernd erwachsen, genügender Ersatz beschafft wird, so dass der Thierkörper in einem für den jeweiligen Gebrauchszweck leistungsfähigen Zustand sich zu erhalten vermag.

Die vom Körper abgegebenen Substanzen enthalten C, H, O, N, S, P, ferner Cl, Na, K, Ca, Mg, Fe ev. auch Si und Fl; man kann desshalb von vornherein annehmen, dass diese Elemente integrirende Bestandtheile des Gesammtkörpers darstellen, wofür die Elementaranalyse der Körperbestandtheile sofort den Beweis liefert.

Bei der Frage nach den im Körper vorhandenen Quantitäten der einzelnen Elementarbestandtheile ist es wohl statthaft, jene Mengen von H und O, welche als Wasser auftreten, in dieser Form den übrigen Elementen voranzustellen, weil der Körper zum grössten Theil aus Wasser besteht.

Der **Wassergehalt** des Körpers unterliegt bedeutenden Schwankungen, je nach dem Nährzustande, in welchem sich derselbe befindet. Bei gut genährten, fetten Individuen kommen in der Leibessubstanz nur 35—45 pCt., bei schlecht genährten 65—72 pCt. Wasser vor. Der mittlere Wassergehalt eines ausgewachsenen Menschen beträgt ca. 60 bis 65 pCt. Die einzelnen Organe eines und desselben Organismus zeigen ganz erhebliche Differenzen. Den grössten Wassergehalt weist nach A. W. Volkmann das Blut und die Niere auf (83 pCt.), dann folgen Herz und Lunge (79 pCt.), Pankreas (78 pCt.), Milz und Muskeln (75—77 pCt.), Gehirn, Rückenmark und Darmkanal (74—77 pCt.), Haut (70—72 pCt.), Leber (68 - 70 pCt.), Nervenstämme (58 pCt.), Skelett (22

bis 50 pCt.) und Fettgewebe (15—30 pCt.) Diejenigen Organe, welche in ihrer Masse überwiegen, werden natürlich auch einen absolut grösseren Betrag an Wasser besitzen, selbst wenn der Procentgehalt der Organsubstanz an Wasser ein geringerer sein sollte, als der anderer. So entfallen z. B. auf die Skelettmuskulatur vom Gesammtwassergehalt des Körpers 55 pCt., auf das aufgefangene Blut nur 7 pCt., auf Haut und Fett je 9 pCt., auf das Knochengerüst 6 pCt., auf die übrigen Organe je 1—3 pCt. — Die Bedeutung des Wassers wird sofort klar, wenn man sich an den Satz erinnert: Corpora non agunt nisi fluida. In demselben Masse wie das Wasser das Zustandekommen der chemischen Reactionen ausserhalb des Körpers begünstigt, ist dies auch innerhalb der lebenden Gewebe und Organe der Fall.

An **Trockensubstanz** enthält somit der Thierkörper (excl. Magen- und Darminhalt) 28—65 pCt., wovon 23—63 pCt. als organische, 2—5 pCt. als anorganische Substanzen zu betrachten sind; 80—85 pCt. der Gesammtasche gehören dem Skelett an. In welcher Quantität die in dem Trockenrückstand vorkommenden Elementarbestandtheile vertreten sind, geht aus nachstehender Uebersicht hervor:

Körperbestandtheile	Ochs		Schaf		Schwein	
	halbfett				fett	
	pro 500 *kg* Körpergewicht *kg*	pCt. des Lebendgewicht	pro 50 *kg* Körpergewicht *kg*	pCt. des Lebendgewicht	pro 75 *kg* Körpergewicht *kg*	pCt. des Lebendgewicht
Gesammtthier						
Wasser	257,5	51,5	25,1	50,2	31,0	41,3
Trockensubstanz .	201,5	40,3	20,3	40,6	41,0	54,7
Inhalt des Intestinaltractus*) .	41,0	8,2	4,6	9,2	3,0	4,0
Sa.	500,0	100,0	50,0	100,0	75,0	100,0
Trockensubstanz						
Eiweiss	83,0	16,6	7,00	14,0	8,2	10,9
Fett	95,5	19,1	11,75	23,5	31,6	42,2
Asche	23,0	4,6	1,55	3,1	1,2	1,6
Sa.	201,5	40,3	20,3	40,6	41,1	54,7

*) Nach 24stündiger Carenz.

Körperbestandtheile	Ochs		Schaf		Schwein	
	halbfett				fett	
	pro 500 *kg* Körpergewicht *kg*	pCt. des Lebendgewicht	pro 50 *kg* Körpergewicht *kg*	pCt. des Lebendgewicht	pro 75 *kg* Körpergewicht *kg*	pCt. des Lebendgewicht
Organische Substanz						
C	116,97	23,3	12.71	25,4	28,52	38,2
H	17,20	3,6	1,89	3,8	4,28	5,7
O	30,20	6,2	2,96	6,0	5,60	7,4
N	13,30	2,6	1,12	2,3	1,32	1,8
S	0,83	0,5	0,07	0,4	0,08	0,2
Sa.	178,5	36,2	18,75	37,9	39,8	53,3
Anorganische Substanz	*g*		*g*		*g*	
Phosphorsäure .	9 150	1,839	605,0	1,199	477,0	0,654
Kalk	10 500	2,111	682,0	1,350	465,0	0,636
Magnesia . . .	423	0,085	26,2	0,052	23,4	0,032
Kali	1 020	0,205	85,0	0,168	101,0	0,138
Natron	727	0,146	52,0	0,104	53,4	0,073
Eisenoxyd . . .	199	0,040	21,1	0,042	9,8	0,013
Schwefelsäure .	189	0,038	17,7	0,035	21,2	0,029
Kohlensäure . .	434	0,087	26,7	0,053	15,4	0,021
Chlor	294	0,059	25,7	0,051	31,4	0,043
Kieselsäure . .	64	0,013	10,1	0,020	2,2	0,003
Sa.	23 000	4,623	1550,0	3,074	1200,0	1,642

Mit Bezug auf den menschlichen Körper ermittelte Volkmann den Procentgehalt summarisch zu 65,7 pCt. Wasser, 18,15 pCt. C, 2,7 pCt. H, 6,5 pCt. O, 2,6 pCt. N und 4,7 pCt. Asche, indem er aus den Analysen der Einzelorgane das arythmetische Mittel berechnete. — Fassen wir nun sämmtliche gleichnamige Elemente zusammen, so z. B. den im Wasser, in der organischen und anorganischen Substanz enthaltenen Sauerstoff etc., so ergeben sich für das angenommene durchschnittliche Lebendgewicht der nachbenannten Thiere folgende absolute Quantitäten der Elementarbestandtheile:

Elemente des Körpers	Ochs *kg*	Schaf *kg*	Schwein *kg*
C	117,089	12,717	28,524
H	45,700	4.640	7,690
O	268,412	25,925	33,661
N	13,300	1,120	1,320
	g	*g*	*g*
S	906	77	88
P	3 990	264	208
Cl	294	26	31
Ca	7 500	487	332
Mg	254	16	14
K	846	71	84
Na	540	38	40
Fe	139	14	7
Si	30	5	1
Sa. *kg*	459,000	45,400	72,000
Darminhalt . . .	41,000	4,600	3,000
Sa.	500,000	50,000	75,000

Kohlestoff bildet die Grundlage der in den Pflanzen sowohl als im thierischen Gewebe vorkommenden organischen Verbindungen, denen sich ein geringer Bruchtheil anorganischer C-Verbindungen (Carbonate) anreiht. Von dem Vorhandensein des C kann man sich durch Glühen thierischer Substanzen sofort überzeugen, ja es wird auf diesem Wege eigens ein als Thierkohle bezeichnetes Präparat gewerbsmässig hergestellt.

Von der Gesammtmasse des Wasserstoff stammt die Hälfte bis $^3/_4$ von dem Wasser des Körpers her, während der Rest sich auf den in organischer Verbindung auftretenden H vertheilt. Der mitunter im Verdauungsschlauch auftretende freie H konnte umsomehr unbeachtet gelassen werden, als auch die übrigen nicht gasförmigen Inhaltsmassen an dieser Stelle ausser Betracht geblieben sind

Ebenso unentbehrlich wie C und H für den Aufbau der thierischen Gewebe ist der Sauerstoff, welcher sich mit Ausnahme der Halogenverbindungen auch in den anorganischen Salzen und in der Hauptmasse im Wasser vorfindet. Ein Theil des O fluctuirt sozusagen im Organismus und ermöglicht hierdurch den Lebensprocess von Thier

und Pflanze. Letztere besitzt von allen auf der Erdrinde vorhandenen Dingen allein die Fähigkeit, bei gewöhnlicher Temperatur O aus chemischer Verbindung in Freiheit zu setzen. Hoppe-Seyler sieht sich sogar, im Hinblick auf den in der Atmosphäre disponiblen O und die vermuthliche Zeitdauer der Existenz der Pflanzen zu dem Ausspruch veranlasst, dass jedes Molekül an freiem O, welches die Luft und das Wasser (absorbirt) enthält, einmal bei diesem merkwürdigen Reductionsprocesse entstanden ist.

Der Stickstoff gehört zu den wesentlichsten Bestandtheilen der Zellen des Körperparenchyms und auch des Gerüstwerkes, welches durch die Bindesubstanzen gebildet wird. Soweit sich bis jetzt übersehen lässt, tritt der N in den organischen Verbindungen, welche der organisirten lebensfähigen Substanz zur Grundlage dienen, nur in Verbindung mit H, seltener mit C auf, nicht mit O. Der beim Verbrennen thierischen Materials auftretende brenzliche Geruch beruht auf dem Austritt gasförmiger ammoniakalischer Verbindungen

Schwefel stellt fast in seiner Gesammtheit einen integrirenden Bestandtheil derselben Substanzen dar, zu deren Constitution der N nothwendig gehört. Ein kleiner Theil des S befindet sich in den beim Harn erwähnten Formen in Circulation.

Umgekehrt finden wir die bei Weitem überwiegende Menge an Phosphor in Form anorganischer Verbindungen im Skelett vertreten zu ca. 90,8 pCt., in der Muskelmasse dagegen nur 8,5 pCt. und im Nervensystem 0,7 pCt. des Gesammt-Phosphor. Wenngleich die organischen P-haltigen Substanzen der Quantität nach zurücktreten, so sind sie doch offenbar für das Leben der Organismen von höchster Bedeutung, denn an die Existenz des Protagon resp. Lecithin und Nuclein knüpfen sich die wichtigen Vorgänge im Nervensystem und die Entwickelung des befruchteten Keims.

Chlor in Verbindung mit Natron ist ein constanter Bestandtheil des Blutplasma und der Lymphe; an Kalium gebunden kommt es in den rothen Blutkörperchen und den Muskeln, als HCl im Magensaft vor. Völlig chlorfrei ist nach Heintz die eigentliche Knochenmasse, welcher auch Sulfate und Eisen abgehen. Nur von der durchtränkenden Flüssigkeit nicht gänzlich befreite Knochen weisen einen geringen Chlorgehalt auf. Dagegen findet sich ein dem Chlor verwandter Körper in demselben Material, das Fluor, vermuthlich als CaF_2 mit Kalkphosphat in einer apatitähnlichen Verbindung besonders im Zahnschmelz. Der F-Gehalt der Knochenasche beträgt nach Zalesky 0,47 pCt. (Mensch) — 0,62 pCt. (Rind).

Calcium konnte bis jetzt in jedem Organismus, jedem Organ und jeder darauf untersuchten Zelle gefunden werden und tritt in den verschiedensten Verbindungen als doppeltes und einfaches Carbonat, als Sulfat, Phosphat auf, vielfach auch als organisches Salz (hippursaurer, fettsaurer Kalk etc.). 52—55 pCt. der Knochenasche bestehen aus

Ca O. Beim Rind würden somit von 10,5 *kg* Ca O allein ca. 9,0 *kg* Ca O resp. 6,4 *kg* Ca auf das Skelet zu beziehen sein.

Magnesium tritt beinahe ständig als Begleiter des Calcium auf in der Natur sowohl wie im Organismus, und zwar im Blut, in den Muskeln, in den Knochen, in letzteren zu 0,5—0,6 pCt. der Knochenasche (als Mg O bestimmt), besonders als Phosphat. Im Darm und den harnabführenden Wegen kommt es mitunter als Ammoniummagnesiumphosphat vor.

Das ausnahmslose Vorkommen von Kalium in allen Lebewesen zwingt zu der Annahme, dass zur Funktionsfähigkeit des Protoplasma dieses Metall ebenfalls unentbehrlich ist. Es lässt sich in den rothen Blutkörperchen, Muskeln, der Nervensubstanz, in Drüsen besonders der Leber, in der Milch, im Eidotter in relativ grösseren Mengen nachweisen, während es sich im Blutplasma und der Lymphe kaum in Spuren findet.

In den zuletzt genannten thierischen Flüssigkeiten überwiegen die Natriumverbindungen, desgleichen im Pankreassecret und gewöhnlich auch in der Galle; in dem Parenchym der Organe treten sie den Kalisalzen gegenüber zurück. Cl, CO_2, H_3PO_4 und Eiweiss theilen sich in das vorhandene K- und Na-Metall.

Von den Schwermetallen spielt das Eisen eine hervorragende Rolle im Organismus. Als Bestandtheil der rothen Blutkörperchen scheint es bei Warmblütern durch kein anderes Metall vertreten werden zu können. Die Fähigkeit des Hämoglobin, mit Sauerstoff eine lockere chemische Verbindung einzugehen, hängt höchst wahrscheinlich wesentlich von der Gegenwart des Fe im Hämoglobinmolecül ab. Die Galle enthält constant phosphorsaures Eisen, in der Milch, im Eidotter und im Harn befindet es sich in organischer Verbindung.

Silicium bildet vorzugsweise einen Bestandtheil der Haare resp. Federn und giebt bei den auf Pflanzenkost angewiesenen Thieren, namentlich bei Schafen, mitunter Veranlassung zu Harnblasenconcrementen in Form von concentrischen Ablagerungen fast reiner SiO_2.

Sonstige gelegentlich aufgefundene Elemente sind wohl als unwesentliche, zufällig in den Organismus gelangte Substanzen aufzufassen, so das Mangan, welches meist in Begleitung des Eisens auftritt, Kupfer in Leber und Galle, Cer, Lanthan und Didym in der Knochenasche (Cossa).

Bemerkenswerther Weise zeichnen sich die biogenen Elemente durch ihr geringes Atomgewicht aus; sie finden sich sammt und sonders in den ersten 3 Reihen des periodischen Systems von Mendelejeff unter deren ersten 23 Gliedern vertreten, und keines derselben überschreitet das Atomgewicht 56, während die übrigen bekannten 45 Elemente, deren Atomgewichte die Zahl 56 übersteigen, an der Bildung von Organismen unbetheiligt bleiben.

Aus den Elementen Organbestandtheile direct aufzubauen, ist kein Lebewesen befähigt, weder die Pflanze noch das Thier. Auch für erstere müssen die Elemente mindestens in einfachen chemischen Ver-

bindungen dargeboten werden, wie z. B. der C in Form von CO_2. Nachgewiesenermaassen wächst eine Pflanze in beschränktem Umfange unter Zufuhr der nöthigen Wassermenge auch in ausgeglühtem Kiessande. Die Aufspeicherung C-haltigen Materials kann sich unter den erwähnten Bedingungen nur auf Kosten der in der Luft und im Wasser enthaltenen CO_2 vollzogen haben. Den Schwefel nehmen die Pflanzen als schwefelsaures Salz aus der Bodenflüssigkeit auf und bei ihren Lebensprocessen wird das Sulfat ebenso wie bei der Fäulniss organischer Stoffe reducirt, so dass organische Schwefelverbindungen entstehen können, welche mit Aetzkali gekocht SKH geben: die Eiweisskörper. Diese enthalten neben S als characteristischen Bestandtheil N. Wie später erörtert werden soll, genügt zum Aufbau dieser hoch constituirten Verbindungen reiner Stickstoff ebenfalls nicht; unter gewöhnlichen Verhältnissen muss auch in diesem Fall der N in Salzform als NH_3- oder HNO_3-Verbindung den Resorptionsorganen der Pflanze zugänglich gemacht werden. Für das Thier jedoch reichen zur Befriedigung des Stoffwechselbedürfnisses, abgesehen von den anorganischen Stoffen, die für die Pflanze genügenden C- und N-haltigen Verbindungen nicht aus. Jene durch den Lebensprocess in der Pflanze aus den dargebotenen niederen Verbindungen erzeugten hoch constituirten Atomcomplexe sind erst im Stande, das Material zur Erhaltung des Thierkörpers zu liefern. Derartige Substanzen fasst man zusammen unter der Bezeichnung:

B. Nährstoffe.

Begriff. Sie sind es, welche für die den Lebensäusserungen des Thierkörpers zu Grunde liegenden Functionen des Stoffwechsels und Kraftwechsels das Verbrauchsmaterial liefern.

Eine Zeit lang vermag der thierische Organismus durch Umsetzung der eigenen Leibessubstanz unter ständiger Ausscheidung von Kohlensäure und Harnstoff, Wasser und Salzen die vitalen Functionen der einzelnen Zellen zu erhalten, früher oder später tritt jedoch ein so hochgradiger Zustand der Verarmung an derartigen Verbindungen ein, dass den Anforderungen des Kraftwechsels nicht mehr Genüge geleistet werden kann; die Organe stellen ihre Thätigkeit ein, das Leben erlischt. Somit ergiebt sich die Nothwendigkeit der Zufuhr solcher Substanzen, die geeignet sind, die Zersetzung von Körperbestandtheilen zu verhüten oder an Stelle von zersetzter Körpersubstanz zu treten als physiologisches Postulat. Der Individualität der Nährstoffe entsprechend unterscheidet man zwei Gruppen: anorganische und organische. Zu ersteren zählen das Wasser und die Nährsalze.

I. Anorganische Nährstoffe.

1. Eine Zuführung von **Wasser** kann stattfinden durch Aufnahme von Trinkwasser oder von Vegetationswasser, d. h. von Wasser, welches einen integrirenden Bestandtheil der Nahrungsmittel bildet. Ob das

Wasser in der einen oder andern Form verabfolgt wird, ist für den Stoffwechsel nicht gleichgültig. C. Ph. Falck beobachtete, dass durch den Wassergehalt des Fleisches bei Hunden zwar eine Vermehrung der Menge des ausgeschiedenen Harns bedingt wird, doch vertheilt sich diese Vermehrung auf einen längeren Zeitraum, als wenn das Versuchsthier die gleiche Quantität Wasser als Getränk erhalten hätte. Aber nicht allein die Dauer der Ausscheidung, sondern auch der N-Umsatz scheint durch die Form, in welcher das Wasser in den Organismus gelangt, beeinflusst zu werden. So fanden Weiske-Wildt bei ihren Fütterungsversuchen am Hammel, dass der N-Umsatz während der Fütterung mit frischen grünen Futterpflanzen ein geringerer war als bei Verabreichung derselben Pflanzen im getrockneten Zustande unter Beigabe von Tränkwasser.

Durst. Für die Regelung der Wasseraufnahme zur Deckung des Wasserbedarfs des Organismus ist durch das Durstgefühl Sorge getragen. Beständig findet ein Wasserverlust des Körpers statt durch Verdampfung und Ausscheidung in tropfbar-flüssiger Form. Die Verminderung des Wassergehaltes des Organismus macht sich in erster Linie an der Schleimhaut der Rachen- und Maulhöhle aus leicht einzusehenden Gründen geltend, wodurch eine Erregung sensibler Nerven bedingt wird, die ihrerseits in der Sphäre des Bewusstseins die Allgemeinempfindung »Durst« auslösst. Dass es sich hierbei hauptsächlich um locale Erregung von sensiblen Zweigen des Trigeminus, Glossopharyngeus und Vagus an den genannten Stellen handelt, beweist das auch trotz vorheriger Wasserzufuhr eintretende Durstgefühl nach Unterbindung der Ausführungsgänge der Speicheldrüsen, beim Einathmen trockener Luft, beim Kauen wasserarmer Nahrungsmittel, ferner die Verminderung des Durstgefühls beim Befeuchten der betreffenden Schleimhautpartieen mit Wasser. Man hat andererseits die Entstehung des Durstgefühls auf eine allgemein eintretende Erregung sensibler Nerven in Folge Wasserverarmung der Organe zurückzuführen versucht (Dupuytren, Cl. Bernard); eine von Schönborn am Menschen gemachte Beobachtung spricht jedoch unzweifelhaft für die lokale Entstehungsweise, denn directe Einführung von Flüssigkeit in den Magen bei einer zu operativen Zwecken angelegten Magenfistel vermochte vorhandenen Durst nicht zu beseitigen. Derselbe verschwand erst nach der Aufnahme von Wasser durch die Mundhöhle.

Erfahrungsmässig ertragen Thiere, denen neben unterlassener Zuführung von Wasser auch die festen Nährstoffe versagt bleiben, Wasserentziehung längere Zeit hindurch ohne Ausserung von Durstgefühl als solche, denen unter Ausschluss von Wasser trockenes Nährmaterial gereicht wird, ja es kommt sogar vor (Chossat, v. Voit), dass hungernde Thiere häufig von dem vorgesetzten Wasser überhaupt nichts aufnehmen. Dieser Fall kann dann eintreten, wenn vom Körper nicht mehr Wasser abgegeben wird, als aus den zerfallenden Gewebsbestandtheilen entsteht (bei dem Abschmelzen von Organeiweiss wird Wasser disponibel, ein anderer Theil

bildet sich durch Oxydation von H, z. B. bei Zerfall des Fettes), so dass der procentige Wassergehalt des Körpers unverändert bleibt. Gelangen trockene Futterstoffe in den Organismus, so beanspruchen dieselben zu ihrer Lösung Flüssigkeitsmengen, welche durch die reflectorisch erhöhte Production der Verdauungssecrete geliefert werden; mit Eliminirung der entstandenen Zersetzungsproducte durch den Harn tritt schliesslich eine Wasserabgabe ein, die zu einer Verminderung des Procentgehalts an Organwasser führt. Unbedingt ist es daher erforderlich, dass mit der Trockensubstanz ein bestimmtes Quantum Flüssigkeit dem Körper einverleibt wird, gleichviel ob in der Form von Vegetationswasser oder als reines Getränk oder als Zusatz zu dem Trockenfutter.

Wasserbedarf. Bei den verschiedenen Thieren hat sich das Bedürfniss nach Wasserzufuhr durch empirische Ermittelungen als ein relativ verschiedenes herausgestellt. Auf 1 *kg* lufttrockener Futterstoffe bedarf das Pferd 2—3 *l*, das Rind 4—5 *l*, das Schaf 2 *l*, das Schwein 7—8 *l* Wasser. Je wasserreicher die Futterstoffe an sich, desto unerheblicher braucht das Quantum des Tränkwassers zu sein. Fleischfresser erhalten in frischem Fleisch häufig soviel Wasser, dass sie des Tränkwassers nicht bedürfen, ebenso Pflanzenfresser z. B. bei Schnitzelfütterung. Die Gesammtmenge des in 24 Stunden aufgenommenen Tränkwassers schwankt innerhalb weiter Grenzen und hängt, abgesehen von der Beschaffenheit der Nahrungsmittel, weiterhin ab von der Temperatur der umgebenden Luft, von dem Grade der Muskelthätigkeit und auch von der Individualität innerhalb der Thiergattung. Mittelzahlen lassen sich bei dem grossen Einfluss der massgebenden Factoren kaum angeben und sind im Grunde genommen auch überflüssig, da man die Aufnahme von Tränkwasser dem Belieben der Thiere überlässt. Ueber das Nähere cf. Harn.

Führt man dem Organismus grössere **den Bedarf übersteigende Quantitäten** zu, so werden nicht etwa die Organe reicher an Wasser, denn diese können nur in unerheblichem Grade an Wassergehalt zunehmen, sondern der Ueberschuss wird aus dem Körper wieder entfernt. Eine Vermehrung der Wasserzufuhr bedingt gleichzeitig eine Vermehrung der N-Abgabe durch den Harn, und zwar nicht sowohl dadurch, dass der N-Umsatz unter gewissen Umständen (im Hungerzustand) eine Erhöhung erfährt, als vielfach auch deshalb, weil die N-haltigen Stoffwechselprodukte im Anfang der gesteigerten Wasseraufnahme vollständiger aus den Geweben ausgelaugt werden, wie folgende Versuche von J. Mayer und J. Munk beweisen.

Ein von ersterem zu Stoffwechselversuchen abgerichteter Hund bekam eine tägliche Ration von 100 *g* Fleisch und 80 *g* Speck und Wasser nach Belieben, bis N-Gleichgewicht eingetreten war. Von diesem Moment ab wurde dem Thiere 14 Tage hindurch täglich ein reichliches Quantum Wasser (600 *ccm*) durch die Schlundröhre beigebracht. Eine erhebliche Zunahme der N-Ausfuhr war nur in den beiden ersten Tagen während der vermehrten Wassereinführung zu constatiren. Die Menge

betrug 24,78 und 23,80 *g*, während die im N-Gleichgewicht ausgeschiedene Quantität zwischen 22,56 und 22,90 schwankte. Während der übrigen Zeit der 14tägigen Periode fand eine weitere Störung des N-Gleichgewichts nicht statt, obwohl die Harnausscheidung gegenüber der Vorperiode das doppelte Volumen erreichte. J. Munk fand einen weiteren Factor, welcher die N-Ausscheidung bei Wasserzufuhr beeinflusst, in der Fütterungsweise. Während bei Verabfolgung von Nahrungsmitteln reichliche Wasseraufnahme auf den Eiweissverbrauch kaum einen Einfluss ausübt, sieht man bei Hunger, wenn in Folge von reichlichem Wassergenuss die Harnmenge auf das 2—4fache der Norm ansteigt, gleichzeitig eine beträchtliche Steigerung des Eiweisszerfalles eintreten.

Eigenschaften des Trinkwassers. Die Anforderungen, welchen das den Thieren zu verabfolgende Tränkwasser genügen müsste, sind dieselben, wie jene, die man an das zum Genuss für den Menschen bestimmte stellt. Es soll farblos und ungetrübt, wie auch geruchlos sein, 20 Härtegrade nicht viel übersteigen (Härtegrad: die Einheit an Kalk- und Magnesiaverbindungen in 100 000 Theilen Wasser) und keinen faden Geschmack besitzen. Es darf weder Ammoniak, noch salpetrige Säure, noch auch grössere Mengen von Chlor-, Salpetersäure- und Schwefelsäureverbindungen, ebensowenig organische Substanzen enthalten.

Zumeist bevorzugt man das Brunnen- oder Grundwasser, welches meist als hartes Wasser zu bezeichnen ist, da es mit Hülfe der absorbirten CO_2 Calciumcarbonat in Lösung hält.

Zur Bestimmung des Härtegrades kann man eine filtrirte Seifenlösung benutzen, die mit dem zu untersuchenden Wasser geschüttelt, um so später Schaum giebt, je härter das Wasser ist. Man nennt die Härte des Wassers im ungekochten Zustand »Gesammthärte«, die nach dem Kochen zu constatirende geringere Härte die »permanente«.

Meist lässt sich durch Zusatz von Salzsäure und Chlorbariumlösung etwas Schwefelsäure (an Ca gebunden) nachweisen. In reinem Brunnenwasser kommt Chlor nur in geringen Mengen vor. Bei Gegenwart grösserer Quantitäten, die sich unschwer auf maassanalytischem Wege durch Titriren mit Ag-Lösung bestimmen lassen, liegt der Verdacht nahe (von natürlichen Solwässern abgesehen), dass eine Communication mit Dungstätten oder Abortgruben besteht, ev. eine Verunreinigung durch Fabrikwässer stattgefunden haben kann. Zulässig für gutes Trinkwasser sind 15 *mg* pro Liter.

Tritt das Grundwasser als Quellwasser zu Tage, so verliert es nach längerer Berührung mit der Luft unter Sauerstoffabsorption CO_2, in Folge dessen auch Erdcarbonate, und nimmt dadurch eine weiche Beschaffenheit an. Gelegentlich (bei Hochwasser) finden sich viele erdige Bestandtheile im Flusswasser, welche die Benutzung als Tränkwasser nicht ausschliessen.

Fast vollkommen frei von anorganischen Bestandtheilen bis auf absorbirten O, CO_2 und Spuren von Ammoniumnitrat ist das Regenwasser und Schneewasser, welches meist wohl nur im Nothfall als Getränk zur Verwendung gelangen dürfte.

Bei suspectem Wasser (aus stehendem Gewässer, Teichen, Sümpfen, Mooren)

prüft man auf Ammoniumverbindungen mit Nessler's Reagens (2 *g* KJ in 50 H_2O gelöst, unter Erwärmen HgJ_2 in geringem Ueberschuss zugesetzt, nach dem Erkalten mit 20 *ccm* H_2O verdünnt; zwei Theile dieser Lösung mit 3 Theilen concentrirter Kalilauge versetzt, filtrirt), welches durch Bildung von Mercuroammoniumjodür NHg_2J sich gelb resp. braun färbt.

Salpetersäure wird erkannt an der Grünfärbung, welche verdünnte Indigolösung in dem mit dem doppelten Volumen Schwefelsäure versetzten Wasser giebt. Dies Verfahren kann auch zur quantitativen Bestimmung benutzt werden, wobei auch im Brunnenwasser bis zu 10 *mg* in 1 *l* vorzufinden sind. 5 *mg* betrachtet man als Grenze für die Brauchbarkeit. Salpetrige Säure lässt sich nachweisen durch Blaufärbung auf Zusatz von Jodzinkstärke oder Jodkaliumstärke nach Ansäuerung des Wassers mit etwas Schwefelsäure

Von der grössten Bedeutung für die Güte des Trinkwassers muss die Abwesenheit faulender oder gährender organischer Substanzen erachtet werden. Qualitativ prüft man durch Glühen des Trockenrückstandes grösserer Wassermengen, durch Zusatz von Goldchloridkaliumlösung oder Kaliumpermanganat. Auf die Anwesenheit organischer Substanzen ist zu schliessen, wenn bei der ersten Behandlungsweise Bräunung resp. Schwärzung eintritt, und die zugesetzten Reagentien Bildung eines dunkel gefärbten Bodensatzes nach längerem Stehen veranlassen. Wegen der Eigenschaften des Kaliumpermanganat, sich bei Gegenwart organischer Substanzen unter O-Abgabe zu entfärben, hat man es auch zur quantitativen Bestimmung verwendet.

Von nicht unerheblicher Bedeutung für den Haushalt des Thierkörpers erscheint die Temperatur des Tränkwassers. Durch die Erwärmung des kalten Wassers erleidet der Organismus einen gewissen Verlust an lebendiger Kraft, zu deren Wiedererzeugung in dieser Form — falls ein derartiger Verlust nicht, wie im Sommer z. B., zum Zwecke der Regulirung der Wärmeabgabe erwünscht ist — im Bedarfsfalle chemische Spannkräfte verbraucht werden, die sonst vielleicht im Körper einen Ansatz bewirkt oder zur Erzeugung von mechanischer Arbeit gedient hätten. Die mittlere Temperatur eines ausserdem noch durch seinen Gasgehalt erfrischend wirkenden Trinkwassers soll 10—15° C. betragen und wird man, um die angedeuteten Nachtheile zu vermeiden, eine weitere Abkühlung durch irgend welche Vorrichtungen zu verhindern suchen.

Die sogen. »erschlaffende« Wirkung wärmeren Trinkwassers, dessen Gasgehalt naturgemäss eine Verminderung erfahren hat, abstrahirt man wesentlich von der Beobachtung der Thatsache, dass sehr leicht Schweisssecretion eintritt »durch Erschlaffung der Haut«, wie die beliebte Redensart lautet. Bei der Verdauung spielt die Temperatur des Wassers, wie aus den Versuchen von Rossbach am Hunde hervorgeht, insofern eine Rolle, als kaltes und sehr warmes Wasser die Peristaltik des Magens anregt und in grösseren Mengen eingeführt, eine schleunige Ueberführung des Mageninhalts nach dem Darm veranlasst, während mässig warmes Wasser auf die Oeffnung des Pylorus ohne merklichen Einfluss ist.

2. Nicht so ohne weiteres wie beim Wasser ist die Nothwendigkeit einer dauernden Zufuhr von **anorganischen Salzen** einleuchtend. Man könnte zu der Vorstellung gelangen, dass die anorganischen Bestandtheile, da sie ja zur Entstehung von lebendiger Kraft so gut wie gar nichts beitragen, im Organismus beständig kreisend immer von Neuem

Verwendung fänden. Da die Salze selbst durchgreifende Veränderungen nicht erleiden, müsste unter dieser Voraussetzung auch eine von anorganischen Salzen freie Nahrung, sofern sie nur sonst zweckentsprechend ist, zur Erhaltung des Körpers genügen. Das Experiment bestätigt eine derartige Annahme nicht.

Folgen des Aschehungers. Die Versuche von Forster haben ergeben, dass das Leben bei einer aschefreien, aber sonst alle übrigen Nährstoffe enthaltenden Nahrung ernstlich gefährdet erscheint. Tauben gingen in 13—29 Tagen zu Grunde und Hunde zeigten schon nach 14 Tagen eine partielle Lähmung der Hinterextremitäten, welchen Symptomen sich weiterhin Sehstörungen und erhöhte Reflexerregbarkeit zugesellten. Der Tod erfolgte unter allgemeinen Krämpfen und Erstickungserscheinungen. Auffälligerweise werden bei gänzlicher Entziehung von Nahrung derartige rasch eintretende Störungen in den Functionen des Cerebrospinalsystems wie bei Aschehunger nicht beobachtet. Es erklärt sich dies daraus, dass während der Entziehung jeglicher Nahrung zwar auch durch das Einschmelzen von Körpersubstanz Salze frei werden, welche mit dem die Nieren passirenden Wasserstrom nach Aussen gelangen, es hält indess die Verarmung des Organismus an Salzen gleichen Schritt mit der Abnahme an Körpersubstanz. Anders dagegen bei Zufuhr von organischen Nährstoffen, namentlich von Eiweiss. Unter diesen Umständen findet eine Beschlagnahme der in Circulation gelangten Salze statt, einmal durch die eingeführten salzfreien Albuminate direct, und ferner entziehen die bei N-Gleichgewicht nach den für den Stoffwechsel ermittelten Gesetzen dem Zerfall unterliegenden Eiweisskörper durch Vermittelung der aus ihnen entstehenden Schwefelsäure den Geweben basische Bestandtheile (obgleich beim Hund durch das entstehende NH_3 einem rapiden Verlust vorgebeugt wird), so dass Salze nach aussen abgeführt werden ohne gleichzeitige Abnahme der übrigen Körpersubstanz. Somit tritt bei aschefreiem Futter eine allmälige relative Verarmung an Aschenbestandtheilen der Gewebe ein, deren wesentlicher Grund aber nicht auf dem Aschehunger beruht — denn bei totaler Nahrungsentziehung handelt es sich ja gleichfalls um Aschehunger — sondern auf der Fütterung mit aschefreier Nahrung. Die Abnahme der Aschebestandtheile betrifft hauptsächlich das Blut, nach und nach betheiligen sich auch die übrigen Organe an dem Verlust (Verminderung der Blutasche um 29,9 pCt., Muskeln 6,2 pCt., Gehirn 4,7 pCt.), unter dessen Einwirkung die Functionen der Centralorgane in erster Linie geschädigt erscheinen.

Nährsalze. Definition. Als Nährsalze sind alle jene Mineralsubstanzen zu betrachten, die constante Bestandtheile der Gewebe und Flüssigkeiten des Thierkörpers darstellen, als da sind Phosphate, Chloride, Carbonate (Sulfate scheinen im Körper, von Spuren abgesehen, nicht präformirt zu sein, sondern erst beim Veraschen aus dem S des Eiweiss zu entstehen) von K, Na, Mg, Ca, Fe.

Salzbedarf. Gewöhnlich reichen die in den Nahrungsmitteln enthaltenen Aschebestandtheile aus, um den Bedarf des Organismus zu decken, ausnahmsweise und nicht grade sehr selten kommt man in den Fall, dem Mangel des einen oder andern Nährsalzes durch Beigabe desselben zum Futter abzuhelfen. Ganz besonders gilt dies von Chlornatrium mit Rücksicht auf die Nahrung des Pflanzenfressers, nicht deshalb, weil in derselben Natronsalze nicht enthalten wären, sondern weil Kalisalze (pflanzensaures, speciell oxalsaures und salpetersaures Salz) überwiegen. Am deutlichsten lässt sich der Unterschied zwischen animalischen und pflanzlichen Nahrungsmitteln aus einer Nebeneinanderstellung einiger davon übersehen. Auf ein Aequivalent Natron kommen Aequivalente Kali in

Ochsenblut . .	0,11 Kali	Wiesenheu . . .	3,79
Hühnereiweiss	0,65	Hafer	4,81
Hühnereidotter	1,04	Klee	10,42
Kuhmilch . .	1,67—2,41	Kartoffeln	15,16
Rindfleisch . .	3,38	Ackerbohnen . . .	20,87

Zur Resorption gelangt, setzen sich nun, den Ermittelungen von Bunge, Gäthgens etc. zufolge, die Kalisalze mit den im Blut vorhandenen Natronsalzen um (z. B. Kaliumphosphat mit Natriumchlorid zu Kaliumchlorid und Natriumphosphat), worauf die neu entstandenen Salze als überschüssig oder nicht zur normalen Zusammensetzung des Blutes gehörig ausgeschieden werden.

Dass indessen der Kaliüberschuss in der Nahrung auch grösser sein kann, ohne dem Organismus Kochsalz zu entziehen, lehrt die Aschenanalyse der Milch, jener Nahrung, welche ohne Kochsalzzusatz von allen Säugethieren während einer längeren Periode der Entwicklung ausschliesslich genossen wird. Unzweifelhaft beruht dies auf dem Bedarf des wachsenden Organismus an Kaliumchlorid und Phosphat für die Production des an Kalisalzen reichen Fleisches (Kemmerich). — Für die Hausthiere hat das Kochsalz fernerhin die Bedeutung eines Genussmittels, insofern als das Futter schmackhafter und demzufolge das verzehrte Quantum ein grösseres wird.

Das Verlangen der Thiere nach Salzaufnahme äussert sich vielfach durch Belecken der Stallwände etc. Diesem auffälligen Benehmen kann jedoch ebenso gut der Mangel anderer Nährsalze im Futter zu Grunde liegen, ohne dass damit die ursächlichen Momente für Entstehung der »Lecksucht« erschöpft wären. Häufig genug macht sich auch Mangel an Kalksalzen auf diese Weise geltend, andererseits auch durch Erzeugung von krankhaften Zuständen, welche sich durch die Symptome der »Rhachitis« äussern können. An noch wachsenden Thieren (junge Hunde und Ferkel — Roloff) zeigen sich bei Kalkmangel nach einiger Zeit alle Erscheinungen der Rhachitis in hohem Masse und zwar um so früher, je weniger Kalk gegeben wird und je grösser das Kalkbedürfniss ist. Dies ist vor Allem der Fall bei jungen Thieren grosser Race, welche rasch wachsen. Aus einer Zusammenstellung C. von Voit's ist zu entnehmen, dass zur Deckung des Kalkbedarfs junger Thiere folgende Mengen nothwendig sind:

	Gewicht in *kg*	Alter	Kalkbedarf p. d.
Hund kleiner Race .	1,5—2,8	—	0,128
« grösser Race .	3,2—4,5	—	0,769
Schwein	—	1—240 Tage	2,80
Schwein	—	8 - 11 Monat	1,70
Kalb	50,0	2—3 Wochen	14,5
Kalb	—	5 Monat	10,0

E. Voit konnte bei jungen Hunden grosser Racen die beginnende Erkrankung nach 29 Tagen, bei kleineren nach etwa 100 Tagen constatiren. In der sonst ausreichenden, aus Fleisch und Fett bestehenden Nahrung fanden sich nicht genügend Kalksalze, um den Bedarf beim wachsenden Thier zu decken.

Ausgewachsene Thiere bekunden ein verhältnismässig geringeres Kalkbedürfniss. Nach E. Heiss erhält sich z. B. ein 3,8 *kg* schwerer Hund mit 0,043 *g* Kalk im täglichen Futter (150 *g* Fleisch und 20 Fett) dauernd auf seinem Kalkbestande.

Ein Hund grösserer Race, z B. von 38 *kg*, braucht aber zu seiner Erhaltung nicht 1500 *g* Fleisch und 200 *g* Fett, ein Futter, welches soviel Kalk enthält, als das Thier benöthigt, er reicht vielmehr mit 500 *g* Fleisch und 120 *g* Fett aus. Hierin ist aber nicht genügend Kalk für ein grösseres Thier vorhanden, so dass ein in dieser Weise ernährter älterer Hund trotz seines geringen Kalkbedarfs Tag für Tag Kalk von seinem Körper abgeben würde.

In solchen Fällen entsteht jedoch nicht Rhachitis, sondern einfache Atrophie der Knochen, wie die von Chossats und von Voit's mit kalkarmem Futter an Tauben angestellten Fütterungsversuche ergeben haben.

Die Befürchtung einer ungenügenden Kalkzufuhr für die grösseren Pflanzenfresser liegt besonders nahe bei Rüben- oder Schlempefütterung, oder bei Verfütterung von Heu, welches kalkarmem Boden entstammt.

An Eisen braucht dem Organismus nur eine geringe Menge zugeführt werden und genügt in den allermeisten Fällen die in den Nahrungsmitteln (im Chlorophyll z. B.) enthaltene Quantität. Nach Boussingault beansprucht das Pferd täglich 1—1,6 *g* Eisen. Ein grosser Versuchshund von Voit's nahm in 1500 *g* Fleisch pro Tag 0,081 *g* Eisen auf und schied im Koth — die im Harn ausgeschiedene Quantität kommt kaum in Betracht — 0,091 *g* ab, er reichte also mit dieser Eisenquantität nahezu aus.

II. Organische Nährstoffe.

Begriff. Vor den anorganischen Nährstoffen zeichnen sich die organischen durch die Fähigkeit aus, durch ihren Zerfall die Zerstörung von Körpersubstanz zu verhüten und gleichzeitig zur Entstehung von lebendiger Kraft Veranlassung zu geben, soweit sie nicht als Eigenbestandtheile der organischen Leibessubstanz aufgenommen, »assimilirt« werden.

Alle organischen Nährstoffe sind Kohlenstoffverbindungen meist von hohem Moleculargewicht und in letzter Instanz in ihrer Entstehung auf die Pflanzenwelt zurückzuführen, deren Vorhandensein Existenzbedingung für die Pflanzenfresser ist, während letztere wiederum eine nothwendige Ernährungsquelle für die von animalischer Kost lebenden Thiere abgeben. Indess nicht jede in der Pflanze oder im Thierkörper erzeugte Substanz kann Ernährungszwecken dienen. — Als Nährstoff kann dieselbe überhaupt nur dann in Betracht kommen, wenn sie, wie E. Salkowski betont, folgenden Bedingungen genügt:

1. Sie muss in H_2O oder in den Verdauungssäften löslich sein oder wenigstens durch die Verdauungssäfte des Darmkanals in einen Zustand übergeführt werden können, der sie befähigt, durch die Darmwand hindurchzutreten. Diese Fähigkeit hängt nicht allein von der chemischen Natur, sondern auch von physikalischen Eigenschaften ab. Fett von hohem Schmelzpunkt, welches bei Körpertemperatur nicht erweicht, kann als Nährstoff nicht betrachtet werden, weil es nicht gelöst resp. emulgirt werden kann; dasselbe gilt für manche hartgetrockneten Eiweisssubstanzen z. B. Weizenkleber, Hühnereiweiss etc.

2. muss eine hierher zu zählende organische Substanz für die im Körper stattfindenden chemischen Umsetzungen geeignet sein. Ein Stoff, welcher den Thierkörper durchläuft, ohne eine Veränderung zu erleiden, kann nie Anspruch auf die Bezeichnung Nährstoff machen, so ist z. B. der Mannit höchst wahrscheinlich kein Nährstoff, trotzdem er chemisch dem Traubenzucker sehr nahe steht.

3. darf die Verbindung nicht zu den hochoxydirten gehören, denn eine solche kann nur wenig Spannkraft liefern.

4. Eine giftige Wirkung oder merkliche Beeinflussung des Central-Nervensystems muss ausgeschlossen sein.

5. soll eine Prüfung durch den Geruchs- und Geschmackssinn zu keiner Beanstandung führen

Damit sind jedoch die Kriterien eines Nährstoffes nicht erschöpft. Ob eine den angegebenen Bedingungen entsprechende Substanz auch wirklich nährende Eigenschaften hat, ist schliesslich nur durch den Versuch zu entscheiden. Wir kennen keine durchgreifenden chemischen Merkmale, welche die Unterscheidung eines Nährstoffes von einem Nicht-Nährstoff theoretisch ermöglichen. Eine Reihe organischer Säuren wie Citronen-, Milch-, Wein-, Buttersäure etc. werden im Organismus oxydirt, bilden also Wärme; allein wenn man sie einem Thier giebt, das sich unter bestimmten Ernährungsverhältnissen befindet, ändert die Verabfolgung von Säure nichts in dem bestehenden Stoffwechsel, es wird ebensoviel Fett und Eiweiss verbraucht wie vorher. Diese Säuren sind folglich keine Nährstoffe, weil sie die Hauptbedingung: Zersetzung von Körpersubstanz zu verhüten oder an deren Stelle zu treten, nicht erfüllen. Von solchen Substanzen, die allen gestellten Anforderungen vollauf Genüge leisten, sind eine ganze Anzahl bekannt. Sie finden sich in den drei grossen Gruppen der Eiweisskörper, der Fette und der Kohlehydrate,

unter denen nur die ersteren N in ihrem Molecül enthalten, weshalb dieselben wohl auch als N-haltige Nährstoffe den beiden andern Gruppen, den sogen. N-freien Nährstoffen gegenüber gestellt werden.

Welche Bedeutung den einzelnen Nährstoffgruppen resp. deren Repräsentanten für die Ernährung zukommt, kann erst dann Gegenstand weiterer Erörterungen sein, nachdem die Eigenschaften derselben in chemischer Hinsicht Erwähnung gefunden haben. Ohne genauere Kenntniss hiervon lässt sich nur ein oberflächliches Verständniss für die im Thierkörper bei den Stoffwechselprocessen eintretenden Umsetzungen und die dadurch bedingten Effecte gewinnen.

Bei der Wichtigkeit dieser Fragen möge es gestattet sein, in etwas ausgedehnterer Weise als bisher üblich diesen Gegenstand abzuhandeln.

Eiweisskörper.

Nährwerth. Die Eiweisskörper spielen bei der Ernährung die Rolle der N-Lieferanten für den lebenden thierischen Organismus, welche für den Aufbau der N-haltigen thierischen Gewebe ausschliesslich in Betracht kommen. Die verschiedenen Gruppen der Eiweissstoffe verhalten sich in Bezug auf ihren Nähreffect nicht ganz gleich. Während die Mehrzahl derselben, die Albumine, Globuline, Fibrine, coagulirtes Eiweiss, Acidalbumine, Albuminate, Albumosen, Peptone und Proteide, so sehr sie auch unter einander hinsichtlich ihres chemischen Verhaltens abweichen, für den Organismus so ziemlich ein und denselben Nährwerth besitzen, kommt den übrigen Eiweisssubstanzen in dieser Hinsicht nur eine untergeordnete Bedeutung zu. Andere den Eiweisskörpern nicht zugehörige N-haltige Substanzen dürfen streng genommen auf die Bezeichnung Nährstoff keinen Anspruch machen, denn weder durch Zuführung von N in Form von Nitraten noch in Form der einfacheren Amidoverbindungen lässt sich ein ausreichender Ersatz für das Eiweiss schaffen.

Für die Pflanze reichen Nitrate und Ammoniak hin, ihrem N-Bedürfniss beim Wachsthum und der damit verbundenen N-Aufspeicherung in Form von Eiweiss Genüge zu leisten; die ursprünglich von Saussure und Boussingault aufgestellte Behauptung, die Pflanzen seien im Stande, den freien N der Atmosphäre zu binden, welche von G. Ville, Cloëz und Gratiolet noch vertheidigt wurde, nachdem erstere längst schon von dieser Ansicht zurückgekommen waren, wurde von Boussingault selbst, dann von Mène, Harting und Gunning, namentlich aber von Lawes, Gilbert und Pugh gründlichst widerlegt. Wahrscheinlich wird der in anorganischer Form gelieferte N zunächst zum Aufbau von Säureamiden oder Amidosäuren verwendet, aus denen dann unter Einwirkung N-freier Verbindungen Eiweiss entsteht. Wolff und Hellriegel fanden neuerdings, dass Erbsen, Lupinen, Wicken und Klee den freien Stickstoff der Luft verarbeiten können; wenn dies geschieht, vollzieht sich die N-Assimilation trotzdem nicht durch die Pflanzen unmittelbar, sondern mit Hilfe von Bacterien, die an den Wurzeln schmarotzend die sogen. »Knöllchen« erzeugen.

Vorkommen. An N-haltigen Verbindungen finden sich im Thierkörper 10—18 pCt. des Gesammtgewichts vor. Auf Eiweiss allein sind im Mittel 9—11 pCt. zu beziehen. Auf die einzelnen Organe und Flüssigkeiten

vertheilen sich die Eiweisssubstanzen im Mittel in der Weise, dass zu rechnen sind auf:

Blut . . .	20,56 pCt.	Blutplasma .	7,5 pCt.
Muskeln .	19,90 «	Chylus . .	4,10 «
Leber . .	11,74 «	Milch . . .	3,94 «
Gehirn . .	8,63 «	Lymphe . .	2,46 «

Im pflanzlichen Organismus treten gewöhnlich die N-haltigen Bestandtheile zurück (1—4 pCt. Eiweiss), es häufen sich dieselben jedoch im Reifezustand in bestimmten Theilen der Pflanze vielfach in so reichlicher Menge an, dass der Eiweissgehalt des thierischen Organismus von einzelnen Pflanzenorganen erreicht, sogar übertroffen werden kann (Erbsen 20 pCt., Lupinen 30 pCt.).

Zusammensetzung. Sämmtliche Eiweisskörper enthalten mindestens 5 Elementarbestandtheile in einem ziemlich bestimmten procentischen Verhältniss und zwar in aschefreiem Zustand:

C	50,0—55,0 pCt.
H	6,8— 7,3 «
N	15,4—18,2 «
S	0,4— 5,0 «
O	22,8—24,1 «

Einzelne eiweissähnliche Verbindungen sind S-frei, andere complicirter gebaute Eiweisssubstanzen bergen in ihrem Molecül ausser C, H, N, S, O noch P, Fe oder Cu. Viele hinterlassen beim Verbrennen auch Ca, Mg in Form von Phosphaten, und für einige Eiweisskörper ist es nicht mehr zweifelhaft, dass auch diese letztgenannten Aschebestandtheile zur Constitution ihres Molecüls gehören.

Alle bisherigen Versuche, über den Aufbau des Molecüls sich eingehendere Kenntniss zu verschaffen, haben noch zu keinem allseitig anerkannten Resultat geführt. Einmal kommt in Betracht, dass das lebende Eiweiss mit unseren bisherigen Hilfsmitteln der Untersuchung überhaupt nicht zugänglich ist; bei Anwendung von Reagentien findet sofort eine Umlagerung der Molecüle statt, womit das Untersuchungsobject gleichzeitig aus der Reihe der lebenden Substanzen ausscheidet. Nur unter dieser Annahme, dass das lebende Eiweissmolecül eine andere Structur besitzt, als das abgestorbene, wird die Reductionsfähigkeit mancher Eiweisssubstanzen (der Algen, der endothelialen Kittmassen gegen Silber-, des Axencylinders gegen Goldlösungen etc.) verständlich. Aber selbst von dem nicht lebenden Eiweiss, wie es als Nährstoff wohl ausschliesslich verwendet wird, besitzen wir bezüglich der molecularen Structur nur dürftige Kenntnisse.

Diejenigen Reactionen, mit deren Hilfe Eiweiss nachgewiesen zu werden pflegt, bieten gleichzeitig die Handhabe, diese Substanzen in ihrem Aufbau einigermassen wenigstens kennen zu lernen.

Allgemeines chemisches Verhalten. Die meisten Eiweisssubstanzen sind amorph; nur wenige krystallisiren. In Wasser lösen sich einige, andere auch in Alkohol; durch Aether wird nur Serumglobulin nicht gefällt. Von den in Wasser unlöslichen lösen sich viele in Lösungen neutraler Salze der Alkalien und alkalischen Erden auf und werden durch Wasser wieder gefällt (Globuline). Fast alle lösen sich in verdünnten wässerigen

Alkalien und Säuren, erleiden aber durch einen Ueberschuss dieser Reagentien in der Regel Veränderungen; manche quellen auch in diesen Lösungsmitteln nur auf. Alle diese Lösungen drehen die Polarisationsebene nach links.

Gefällt werden gelöste Eiweisskörper durch: 1. concentrirte Mineralsäuren im Ueberschuss, namentlich Salpetersäure und Metaphosphorsäure; 2. Essigsäure bei Gegenwart von Ferrocyanwasserstoff oder Ferrocyankalium, resp. Platincyanwasserstoff ohne Erhitzen; grosser Ueberschuss von Ferrocyankalium löst die Fällung; 3. organische Säuren bei Gegenwart eines Ueberschusses von concentrirten Lösungen neutraler Salze (Kochsalz, Glaubersalz) und Erhitzen; 4. Gerbsäure (aus saurer Lösung); 5. Phosphorwolframsäure, Phosphormolybdänsäure (aus saurer Lösung); 6. Kaliumquecksilberjodid (mit Citronensäure sog. Tanret'schens Reagens) oder Kaliumwismuthjodid (aus saurer Lösung); 7. Viele Metallsalze (namentlich Ag, Pb, Hg); 8. Chloral, Trichloressigsäure, Phenol, Pikrinsäure; 9. Alkohol, abgesehen von einigen pflanzlichen Eiweisskörpern, welche in 60—70 pCt. Alkohol löslich sind; bei freiem Alkali sind auch die übrigen etwas löslich. 10. Xanthogensäure (aus saurer Lösung). — Das ausgefällte Material besteht bei Anwendung einiger Reagentien aus den Eiweisskörpern als solchen in unlöslicher Modification, bei Verwendung anderer, namentlich der sog. Alkaloidreagentien (Tannin, Phosphorwolframsäure, Jodquecksilberkalium und Jodwismuthkalium) aus schwer löslichen Verbindungen des Eiweiss mit dem Fällungsmittel (indirecte Fällungsmethode Krukenberg). Besonders hervorzuheben ist das Verhalten der Taurocholsäure Eiweisskörpern gegenüber. Albumin und Syntonin werden durch dieselbe quantitativ gefällt, Hemialbumose und Pepton dagegen nicht; der in letztgenannten Lösungen entstehende Niederschlag enthält nur reine Taurocholsäure. Sämmtliche Eiweisskörper ohne Ausnahme werden nur durch die unter 4, 5 und 6 angeführten Reagentien ausgefällt. — Eine Anzahl Reagentien geben mit Eiweisskörpern unter gewissen Cautelen farbige Umsetzungsproducte. Diese sog. Farbenreactionen sind folgende: 1. die Xanthoproteïnsäurereaction (Mulder). Concentrirte Salpetersäure bewirkt bei genügendem Erhitzen Gelbfärbung der Fällung ev. Lösung mit gelber Farbe; durch nachträglichen Zusatz von Alkalien oder Ammoniak geht die Farbe in Orange über. 2. Millon's Reaction. Durch Kochen mit Millon's Reagens (Hg in dem gleichen Gewicht, von conc. HNO_3 erst in der Kälte, dann unter Erwärmen gelöst, die Lösung mit 2 Vol. H_2O versetzt und nach mehrstündigem Stehen von dem krystallinischen Bodensatz klar abgegossen) werden die ausgefällten Eiweisskörper (mit Ausnahme der Glutinoide) mehr oder weniger stark roth gefärbt. 3. Biuretreaction. Nach Zusatz von Natronlauge und wenig Kupfersulfatlösung entsteht ohne Fällung eine blaue resp. violette (Peptone Albumosen) Färbung. Kocht man nach Alkalizusatz, dann entsteht in jedem Falle Violetfärbung. Feste Eiweisskörper betupft man mit etwas Kupferlösung, dann mit Kalilauge und spült ab, wonach Violetfärbung sichtbar wird. 4. Adamkiewicz's Reaction. Auf Zusatz von Eisessig und concentrirter Schwefelsäure entsteht Violetfärbung mit schwachgrüner Fluorescenz. Bei geeigneter Concentration zeigt sich im Spectrum eine Absorption, welche wie die des Urobilin zwischen b und F liegt. Dieselbe Reaction zeigen auch die ungeformten Fermente. Michailow isolirte das gefärbte Product, indem er Ammoniumsulfat in Pulverform zusetzte und den entstandenen Niederschlag mit Alkohol extrahirte. Je nachdem man zur alkoholischen Lösung Alkali oder Säure hinzufügt, erhält man gelb resp. roth fluorescirende Färbung, Erscheinungen, welche an Urobilinlösungen in gleicher Weise eintreten. 5 Axenfeld's Reaction. Fügt man einer mit Ameisensäure versetzten Eiweisslösung wenige Tropfen einer Goldchloridlösung von 1 p. M hinzu und erwärmt, so entsteht unter schwacher Gasentwickelung Rosafärbung, welche

bei allmäligem weiteren Zusatz von Goldchlorid in Purpurroth, Blau und Tiefblau übergeht, bis schliesslich ein tiefblaues Coagulum unter Aufhellung der Flüssigkeit sich absetzt. 6. Raspail'sche Reaction. Eiweisskörper mit conc. Schwefelsäure und etwas Zuckerlösung behandelt, geben rothe bis violete Färbung. 7. Fröhde's Reagens: molybdänsäurehaltige Schwefelsäure erzeugt mit festen Eiweisskörpern blaue Färbung. 8. Concentrirte Salzsäure bewirkt nach längerer Einwirkung ev. Erhitzen Blaufärbung, die bald bei weiterem Erhitzen in Braun übergeht. Die Entstehung der dunkel gefärbten Producte wird vermieden, wenn man der Salzsäure noch Zinnchlorür zusetzt (Hlasiwetz und Habermann). 9. Eiweisskörper in wässeriger Lösung mit Diazobenzolsulfonsäure und Ammoniak oder fixem Alkali versetzt, ergeben orangegelbe bis tief braunrothe Färbung. Nach Behandlung mit Zinkstaub oder Natriumamalgam tritt intensive Fuchsinfärbung ein bei Luftzutritt, bei Luftabschluss entfärbt sich die Lösung (Petri). 10. Krasser schlägt als neues Reagens Alloxan vor, welches feste Eiweissstoffe in einigen Minuten purpurroth färbt. — Für alle eben erwähnten Farbenreactionen gelten die Erfahrungssätze, dass nicht sämmtliche Eiweisssubstanzen mit gleicher Intensität reagiren und ausserdem eine Anzahl bekannter, nicht der Eiweissgruppe angehöriger Substanzen existiren, welche dieselben Farbenerscheinungen bewirken. Gerade der letztere Umstand ist insofern nicht unwichtig, als sich hieraus in vielen Fällen die Abspaltung dieser gekannten Producte aus dem Eiweiss erschliessen lässt.

Die Tyrosinreaction des Eiweiss rührt von einem aromatischen Atomcomplex her, der auch im Tyrosin enthalten ist, ebenso hängt die Xanthoproteïnreaction ausser von jener Tyrosin liefernden Gruppe noch von einem Atomcomplex ab, welcher constanter vorkommt, als jene und ebenfalls aromatischer Natur ist, aus dem sich aber kein Tyrosin abspalten lässt.

Die Raspail'sche Reaction scheint ebenfalls durch aromatische Zersetzungsproducte des Eiweiss bedingt zu sein, da sie auch mit reinem Phenol und Tyrosin zu erhalten ist, es bleibt aber zu berücksichtigen, dass Glycoside, Alkaloide und Gallensäuren ähnliche Färbungen zeigen. Das Eintreten der Reactionen von Axenfeld und Krasser kann ganz ähnlich wie mit Eiweiss auch mit Amidoverbindungen erzielt werden, erstere ausserdem aber noch durch Kohlehydrate (Traubenzucker, Glycogen). Auf das Vorhandensein kohlehydratähnlicher Gruppen würde die Reaction mit Diazobenzolsulfonsäure gleichfalls hindeuten, wenn diese in erster Linie durch Zucker, überhaupt Aldehyde veranlasste Reaction nicht auch durch Substanzen hervorgerufen werden könnte, denen Aldehydnatur nicht zukommt (O. Löw). Der Ausfall der Biuretprobe ist bei den einzelnen Eiweisskörpern insofern dem Wechsel unterworfen, als es zum Entstehen der Purpurfärbung bald eines stärkeren Erhitzens der zu prüfenden Substanz (Harnstoff), bald eines einmaligen Aufkochens (Albuminoide) oder nur eines Mischens mit der Lauge und dem Kupfersulfat bei gewöhnlicher Temperatur (Albumosen und Peptone) zur Hervorrufung der Färbung bedarf. Diese Differenzen beweisen, dass die sich mischenden löslichen Producte nur in den Albumosen und Peptonen vorgebildet sind, aus den Albuminoiden erst beim Kochen gebildet werden. Da Leim und dessen Peptome dieselben Reactionen zeigen, diesen die aromatische Gruppe aber fehlt, so können nur Amidoverbindungen die Biuretreaction bedingen. Auf welche Substanzen die Fröhde'sche Reaction zu beziehen ist, lässt sich zur Zeit nicht angeben, ebensowenig wie für die Adamkiewicz'sche Reaction. — Nicht allen Eiweiss-Reactionen, seien es Fällungs- oder Farbenreactionen, kommt die gleiche Empfindlichkeit zu. Von den durch F. Hofmeister in dieser Richtung geprüften Methoden erwies sich die Biuretreaction als die mindest empfindliche. In einer alkalisch gemachten Eiweisslösung von 1 : 2000 gab $CuSO_4$ noch röthliche Färbung, nicht

mehr in einer solchen von 1 : 10 000. Concentrirte Salpetersäure, sowie Kochen mit Na Cl und Essigsäure ergaben noch bis zu 20 000 facher Verdünnung deutliche Trübung. Bei derselben Concentration liessen sich durch die Millon'sche Probe vereinzelte sehr feine rothe Flöckchen nachweisen. Ferrocyankalium und Essigsäure brachten noch in 50 000 facher Verdünnung merkliche Trübung hervor, nicht mehr in 100 000 facher. Die Alkaloidreagentien, welchen bezüglich der Empfindlichkeit die Goldchloridprobe sich anreiht, ergaben noch in der sog. höchstverdünnten Lösung 1 : 100 000 merkliche Trübungen.

Ein weiteres Hilfsmittel zum Studium der Eiweisskörper bieten die unter dem Einfluss verschiedener Reagentien zu erzielenden isolirbaren **Zersetzungsproducte.** In der Regel liefert ein und dasselbe Reagens bei der Zersetzung der verschiedensten Eiweisskörper dieselben Spaltungsproducte, aber in verschiedenen Quantitäten. Bei manchen Zersetzungen treten, wie Drechsel hervorhebt, ganze Reihen homologer Körper auf, so dass die Frage nicht unberechtigt erscheint, ob dieselben sämmtlich aus einem und demselben Eiweissmolekül stammen oder aus verschiedenen. Die Beantwortung dieser Frage ist bisher an der Unmöglichkeit gescheitert, absolut reine Eiweisskörper darzustellen. Selbst von Hühnereiweiss, Milchcasein, Haarsubstanz, welche scheinbar einheitliches Material repräsentiren, lässt sich nur aussagen, dass solche Naturproducte einen Eiweisskörper in überwiegender Menge enthalten, neben welchem andere sehr wohl noch in wechselnden geringen Mengen vertreten sein können.

Es liegt hier offenbar ein ganz ähnlicher Fall vor, wie bei den Fetten, welche, so wie sie im Thierkörper vorkommen, ebenfalls bei der Verseifung stets ein Gemenge verschiedener Fettsäuren aus verschiedenen Reihen liefern. Dieser Umstand ist mit Bestimmtheit darauf zurückzuführen, dass alle natürlichen Fette Gemenge verschiedener Glycerinäther je einer Säure sind und dass gemischte Glycerinäther (z. B. ein Stearinpalmitinsäureglycerid) in der Natur nicht vorkommen. Vielleicht beruht auf den angedeuteten Verhältnissen die grosse Mannigfaltigkeit der Zersetzungsproducte, welche bei isolirten chemischen Individuen sich wesentlich vereinfachen dürften. Anderseits ist aber wohl zu beachten, dass durchaus nicht alle beobachteten Spaltungsproducte unmittelbar aus dem Eiweiss entstanden zu sein brauchen, da aus den ursprünglich gebildeten sofort secundäre hervorgehen können.

Am eingehendsten ist bis jetzt die Spaltung der Eiweisskörper unter dem Einfluss des Barythydrats untersucht worden und zwar hauptsächlich von Schützenberger, Blennard, L. Liebermann, O. Nasse. Es tritt bei Anwesenheit von Wasser und Einwirkung höherer Temperatur (bis 250°) eine vollständige Zersetzung ein unter Bildung von Stickstoff, Wasserstoff, Ammoniak, Kohlensäure, Oxalsäure, Essigsäure, Pyrrol und eines Gemenges krystallisirbarer Amidoverbindungen, unter denen vertreten sind Tyrosin, Glutaminsäure ($C_5 H_9 NO_4$), Glutiminsäure ($C_5 H_7 NO_3$), Asparaginsäure, Tyroleucin (Gemenge von Amidovaleriansäure mit Phenyl-α-Amidopropionsäure, E. Schulze), Glucoproteine ($C_m H_{2m} N_2 O_4$, vermuthlich Verbindungen von Leucinen und Leucëinen), Leucëine (Amidosäuren der Acrylsäure von der allgemeinen Zusammensetzung $C_n H_{2n-1} NO_2$, der C_4 und C_6-Reihe angehörig) und Leucine (Amidoderivate der Fettsäuren, $C_n H_{2n+1} NO_2$ der C_3, C_4 und C_6-Reihe) neben schwefligsaurem Baryt. Wird Eiweiss mit Kalihydrat zusammengeschmolzen, so entstehen andere Producte (Bopp, W. Kühne, Engler und Janecke, Neucki); zunächst entweicht viel Ammoniak mit Spuren von Pyrrol und organischen Gasen, dann

Wasserstoff, wobei die Anfangs braune Schmelze gelb wird. In diesem Zeitpunkt enthält dieselbe Schwefelkalium, schwefelsaures Kali, Indol, Skatol, Phenol, Leucin, Tyrosin, Oxalsäure, Ameisensäure, Essigsäure, Propionsäure, Valeriansäure, nach stärkerem Schmelzen auch Buttersäure. Die Fettsäuren entstehen unter der Einwirkung des schmelzenden Kali aus den Leucinen, das Phenol aus dem Tyrosin; neuerdings fand Maly in der Schmelze noch Paroxybenzoësäure.

Vielfach hat man mit der Kaliwirkung in der Hitze jene Prozesse in Parallele gestellt, bei denen Fäulnissfermente die Ursache zu Spaltungen abgeben. Gewisse Unterschiede sind aber dennoch zu constatiren. Nach Krukenbergs Erfahrungen bestehen namentlich bezüglich der Indolbildung zwischen Zersetzung durch schmelzendes Kali und der Fäulniss erhebliche Abweichungen insofern, als auch Substanzen, welche bei Fäulniss oder Kochen mit verdünnten Säuren neben Leucin nur Glycocoll oder auch Tyrosin geben, mit Kali geschmolzen, unzweifelhaft Indol liefern. Ausserdem findet bei der Fäulniss eine weitergehende Zersetzung des Tyrosin statt, wobei unter Ammoniakabspaltung Paroxyphenylpropionsäure (Parahydrocumarsäure) entsteht, aus welcher bei fortgesetzter Fäulniss Paroxyphenylessigsäure hervorgeht (Baumann). E. und H. Salkowski constatirten ferner das Auftreten von Phenylessigsäure und Phenylpropionsäure (Hydrozimmtsäure); auch alkaloidähnliche Körper, sog. Ptomäine sind nachgewiesen worden.

Analog wie gegen starke Basen verhalten sich die Eiweisskörper gegen starke Säuren. Je nach der Art der angewendeten Säure fallen die Zersetzungsproducte etwas verschieden aus, da meist noch weitere secundäre Umsetzungen hierbei auftreten. Die Biuretreaction gebende Atomgruppirung geht bei Zerlegung durch Säure verloren (Löw).

Durch Oxydation mit übermangansaurem Kali glaubten Béchamp und später Ritter aus verschiedenen Eiweisskörpern Harnstoff erhalten zu haben, Lossen jedoch führte den Nachweis, dass bei dieser Reaction nicht Harnstoff, sondern Guanidin gebildet werde. Vorsichtig geleitete Oxydation mit Kaliumpermanganat ergab ein insofern interessantes Resultat, als durch die Untersuchung der hierbei von Maly erhaltenen Oxyprotsulfonsäure der Beweis für die Möglichkeit einer Oxydation des Eiweiss geliefert wurde, ohne gleichzeitigen Zerfall des Eiweissmoleküls Genannte Substanz besitzt dieselbe procentische Zusammensetzung wie Eiweiss, nur der O-Gehalt lässt auf ein Plus von 4 Atomen O schliessen, wovon drei wahrscheinlich den im Molecül enthaltenen nicht oxydirten Schwefel in oxydirten übergeführt haben (daher der Name Sulfonsäure), denn mit Kali und Bleiacetat gekocht, giebt der Körper keine Spur von Schwefelblei mehr. Mit Kali geschmolzen, tritt SO_2 auf, dann die Säuren der Fettsäurereihe und Oxalsäurereihe, aber weder Phenol, Indol, Skatol noch Paroxybenzoësäure; desgleichen fehlten die aromatischen Körper in Fäulnissgemischen der Oxyprotsulfonsäure. Man hätte an eine Bildung von Dihydroxylderivaten denken können, aber auch davon fand sich nichts unter den Zersetzungsproducten vor. Nichtsdestoweniger enthält die Oxyprotsulfonsäure die aromatische Gruppe, aber dieselbe tritt nicht in der gewöhnlichen Weise auf, sondern sie entweicht beim Schmelzen mit Aetzkali in Form von Benzol, welches im aufgefangenen Destillat als Mirbanöl nachgewiesen wurde. Eine Erklärung wird durch die Annahme gegeben, dass das vierte der eingetretenen O-Atome in der Oxyprotsulfonsäure das der Tyrosinkette zunächst liegende CH_2 zu CO oxydirt hat. Tritt Spaltung durch Hydrolyse ein, so reisst zwar die aromatische Gruppe an derselben Stelle ab, wie beim ursprünglichen Eiweissmolekül, aber das Hydroxyl tritt anstatt in die aromatische, in die Fettsäuregruppe ein und als Spaltungsproduct resultirt nicht Tyrosin oder dessen Derivate, sondern Phenylamidopropionsäure (bez. Benzoesäure oder Benzol). Diese Vorgänge lassen sich in einem Schema veranschaulichen:

Hydrolyse des Eiweiss

$$\begin{array}{ccc} & \text{H} & \vdots & \text{OH} \\ & | & \vdots & | \\ \ldots CH_2-CH_2-CH_2 & \vdots & C_6H_4\,(C_2H_3NH_2)\,COOH. \\ \text{Fettsäuregruppe.} & & \text{Tyrosin.} \end{array}$$

Hydrolyse der Oxyprotsulfonsäure

$$\begin{array}{ccc} & \text{OH} & \vdots & \text{H} \\ & | & \vdots & | \\ \ldots CH_2-CH_2-CO & \vdots & C_6H_4\,(C_2H_3NH_2)\,COOH. \\ \text{Fettsäuregruppe.} & & \text{Phenylamidopropionsäure.} \end{array}$$

Als Benzoësäure erhält man die aromatische Gruppe, wenn man die Oxyprotsulfonsäure mit Chromsäure und Schwefelsäure kocht und die Flüssigkeit dann mit Aether ausschüttelt.

Viel weniger durchgreifende Veränderungen erleiden die Eiweisssubstanzen unter Vermittelung einiger dem Thierkörper entstammenden (Pepsin, Trypsin, Lab, Fibrinferment) und auch bei einigen Pflanzen (Drosera, Utricularia, Carica papaia etc.) nachgewiesenen Fermente. Die Bedingungen, unter denen dieselben ihre Wirkung entfalten, sind nicht bei allen die gleichen und bezüglich der entstehenden Umsetzungsproducte waltet ebenfalls eine gewisse Verschiedenheit ob. Einestheils sind es löslichere Modificationen, zum Theil weniger lösliche Producte (z. B. Käse, Fibrin), welche unter Einfluss der Fermente entstehen. Eingehendere Besprechung finden die fermentativen Spaltungsproducte in der Verdauungslehre.

Constitution der Eiweisskörper. Die bei der Zersetzung des Eiweiss auftretenden Spaltungsproducte weisen darauf hin, dass im Eiweissmolecül grössere, enger aneinander haftende Atomcomplexe vertreten sind, welche sich einerseits der Fettsäurereihe, andererseits der aromatischen zugehörig erwiesen haben. Aus dem gleichzeitigen Auftreten von aromatischen Oxysäuren, der nicht hydroxylirten Benzolkörper und in dritter Linie der Indolgruppe bei dem Abbau der Eiweisskörper schliesst E. Salkowski auf das Vorkommen von 3 verschiedenen aromatischen Gruppen im Eiweissmolekül.

Maly gelangt an der Hand des Studiums der Oxyprotsulfonsäure zu einer etwas anderen Auffassung. Er hält das Vorhandensein nur einer aromatischen Gruppe für wahrscheinlich — denn mit jener durch Oxydation bewirkten Umwandlung des Eiweiss fehlte neben Tyrosin auch Indol und die übrigen sonst bei Fäulniss auftretenden Benzolkörper — aber auf ein Atom Schwefel im Eiweiss komme diese aromatische Gruppe je einmal. An Schwefel enthält das Eiweissmolekül mindestens zwei Atome, denn beim Erhitzen mit Alkalien wird ein Theil des Schwefels als Schwefelkali, ein anderer als schwefelsaures Alkali abgespalten, so dass ein Atom des Schwefels als SO_3H-Gruppe im Eiweiss anzunehmen wäre. Der schwefelhaltige Atomcomplex ist noch unbekannt, seine Abspaltung bisher nie gelungen. — Durch spaltende Einwirkungen entsteht eine Reihe von benzolfreien Amidoverbindungen der Fettsäurereihe, welche darauf hindeutet, dass deren Grundcomplexe im Gesammtmolecül ebenfalls vorkommen. Unter ihnen gelang es bisher nicht, eine Verbindung aufzufinden, welche mehr als 6 Atome C auf 1 Atom N enthalten hätte. Da nun im thierischen Organismus unter bestimmten Bedingungen nachweislich aus Eiweiss Fett entsteht, so erhellt hieraus, dass bei dem hohen C-Gehalt der Fette die Fettbildung nur auf synthetischem Wege vor sich gehen kann, nicht etwa durch einfache Abspaltung aus einer präformirten Fettgruppe. Die niederen freien Fettsäuren rühren vermuthlich von secundären Zersetzungen der Amide her, worauf das auftretende NH_3 und der freie N hinweisen. —

Krukenberg findet als constante Bestandtheile aller echten Eiweisskörper Atomgruppen, welche auf alkalische Kupferlösung beim Kochen reducirend einwirken, und erachtet diesen Umstand genügend für die Annahme der Präexistenz von Kohlehydratresten im Molecül, weshalb er geradezu das Eiweiss als substituirtes Kohlehydrat aufgefasst wissen will. Von der Anwesenheit jener reducirend wirkenden Glycosidgruppen könne man sich an jeder Eiweiss- oder Peptonlösung durch die Trommer'sche Probe leicht überzeugen, wenn man die Probe nach dem Kochen schwach ansäuert und dann mit Ferricyankalium versetzt. Zusatz von Ferricyankalium sei deshalb nöthig, weil sonst andere Atomgruppen des Eiweissmolecüls das gebildete Kupferoxydul in Lösung halten. Dieser Ansicht steht die Beobachtung von O. Löw entgegen, dass selbst nach wochenlanger Berührung mit alkalischer und saurer Hydroxylaminlösung Eiweiss und Pepton unverändert bleiben, was nicht der Fall sein könnte, wenn Aldehyd oder Ketongruppen im Molecül vorkämen. Kent und Tollens stellten fest, dass die Entstehung der Lävulinsäure beim Kochen der zu prüfenden Substanzen mit Salzsäure die Gegenwart von Kohlehydratgruppen anzeigt. Wehmer und Tollens untersuchten nach dieser Methode Casein, Fibrin, Elastin und erhielten keine Lävulinsäure, dagegen entstanden deutliche Mengen Lävulinsäure aus Chondrin. Im Gegensatz zum Chondrin würden demnach in den eigentlichen Proteinstoffen keine durch Salzsäure isolirbaren Kohlehydratgruppen als vorhanden anzusehen sein. Sicher ermittelt ist also das Vorkommen einer Kohlehydratgruppe im Eiweiss überhaupt noch keineswegs.

Eine Lösung der Frage, wie die Gruppirung der verschiedenen Atomcomplexe sich gestaltet, wird erst dann zu erwarten sein, wenn die Complexe selbst ihrer Natur nach sicher festgestellt sind. Die zur Zeit bekannten Hypothesen können deshalb keinen dauernden Werth beanspruchen, da genügende thatsächliche Grundlagen für dieselben nicht vorhanden sind.

Um die einzelnen Eiweisskörper etwas näher kennen zu lernen, empfiehlt es sich, dieselben der Reihe nach, einem bestimmten System folgend, vorzuführen. Das hier befolgte Eintheilungsprincip beruht, abgesehen von einigen geringen Umänderungen, im Wesentlichen auf dem von Drechsel modificirten Hoppe-Seyler'schen. Einzelne unter pathologischen Verhältnissen vorkommende Substanzen, die in das System gehören, sollen der Uebersichtlichkeit wegen nicht unerwähnt bleiben, ebenso einige andere, welche ihrer Unverdaulichkeit wegen als Nährstoffe nicht betrachtet werden können.

a) Thierische Eiweisskörper.

α) Eiweiss im engeren Sinne.

Eigentliches oder echtes Eiweiss giebt bei der Zersetzung stets aromatische Producte (Tyrosin [Phenol], Indol, ev. Phenylamidopropionsäure).

I. Albumine. Eiweisskörper, welche in Wasser leicht löslich sind und durch Erhitzen coaguliren, weder fällbar durch sehr verdünnte Säuren noch durch Kochsalz oder Magnesiumsulfat. Ohne durchgreifende Aenderung ihrer Eigenschaften werden sie bei 40° gefällt, wenn die mit Magnesiumsulfat gesättigte Lösung mit Natrium oder Ammoniumsulfat versetzt wird. — Dialysirte oder mit dem 6—8fachen Volumen Wasser verdünnte Albuminlösungen gerinnen auch nicht in der Siedehitze. Stets enthalten die Albumine selbst nach energischer Dialyse

in der Trockensubstanz 0,052—0,16 pCt. Salze, besonders phosphorsaures Eisen und Kalk.

1. Eieralbumin (Ovalbumin), in trockenem Zustande eine gelbliche, durchsichtige, gummiähnliche Masse. Im Wasser zu 1—3 pCt. aufgelöst, tritt Gerinnung fast constant bei 56° ein unabhängig vom Salzgehalt (innerhalb gewisser Grenzen); verdünntere Lösungen gerinnen erst bei höherer Temperatur (70°) und sehr verdünnte nur beim Kochen unter Säurezusatz; durch Aether fällbar. Durch concentrirte Salzsäure wird in seiner Lösung ein weisser Niederschlag erzeugt, der sich allmälig in Acidalbumin umwandelt. Zur Unterscheidung von Serumalbumin empfiehlt Gautier eine Mischung aus 250 *ccm* Natronlauge, 50 *ccm* Kupfersulfatlösung (3 pCt.) und 700 *ccm* Eisessig. Dieses Reagens (10 *ccm* auf 2 *ccm* der zu untersuchenden Flüssigkeit) fällt Eiereiweiss, auch wenn dasselbe verdünnt ist, Serumalbumin dagegen nicht. $(\alpha)D = -35{,}5°$ (Hoppe-Seyler).

Das Albumin der Eier von nackt und blind geborenen Vögeln (Nesthocker: Taube, Sperling, Krähe etc.) und des Kiebitz, welcher zu den Nestflüchtern zählt, unterscheidet sich von dem Eieralbumiu der letzteren (Huhn, Ente, Gans etc.) in frischem, nicht bebrütetem Zustande dadurch, dass es nach dem Coaguliren durch Kochen vollkommen durchsichtig und gallertig bleibt und Fluorescenz zeigt. Tarchanoff bezeichnet dieses Eiweiss als Tataeiweiss und hält dasselbe für ein Albuminat, welches bei der Bebrütung durch Säureübertritt aus dem Dotter in gewöhnliches Eieralbumin übergeht.

2. Serumalbumin, staubfeines weisses Pulver. Eine 1—1,5procentige Lösung des möglichst salzarmen Albumins gerinnt bei ca. 50°, nach Zusatz von etwa 5 pCt. Na Cl aber erst bei 75—80°; durch Aether nicht fällbar. Gefälltes Serumalbumin ist in Salz und Salpetersäure leicht löslich. Direct in das Blut infundirtes Serumeiweiss (Blutserum) zerfällt im Thierkörper in derselben Weise, als ob es vom Magen aus aufgenommen wäre; wenn dasselbe in frischem oder defibrinirtem Blut enthalten injicirt wird, unterliegt es nicht dem Zerfall. $(\alpha)D = -60{,}05°$ für Serumalbumin aus Pferdeblut (Starke), $= -57{,}3°$ aus Pferde-, Rinder-, Kaninchenblut, $= -44°$ aus Hundeblut (Frédericq). Ausser im Blut findet sich Serumalbumin in der Lymphe, in den Muskeln, Exsudaten und Transsudaten. Das in der Milch enthaltene Albumin ist wahrscheinlich nicht mit Serumalbumin identisch.

3. Lactalbumin, $(\alpha)D = -36{,}4$—$36{,}98$, sonst mit Serumalbumin übereinstimmend.

4. Muskelalbumin. Abgesehen von gewöhnlichem Serumalbumin kommt in den quergestreiften Muskeln ein Albumin in geringer Menge vor, welches in wässeriger Lösung schon bei 45—47° gerinnt.

II. Globuline. Dieselben lösen sich in reinem Wasser nicht, leicht dagegen in neutralen Salzlösungen ($NaCl$, $(NH_4)Cl$, Na_2SO_4, $MgSO_4$) mittlerer Concentration (von ca. 10 pCt.). Aus diesen Lösungen werden sie theilweise schon durch Verdünnen mit dem 10fachen Volumen Wasser ausgeschieden, vollständig meist durch Sättigung mit dem betreffenden lösenden Salz in Substanz. In sehr verdünnten (0,01 pCt.) Alkalien lösen sie sich ohne Veränderung, falls Alkaliüberschuss vermieden wird, durch Säuren (auch CO_2) werden sie aus diesen Lösungen wieder gefällt. Ueberschüssiges Alkali bewirkt Umwandlung in Albuminat, überschüssige Mineralsäure in Acidalbumin. Lösungen in Neutralsalzen coaguliren beim Erhitzen.

1. Vitellin. Aus Salzlösung durch Wasser ausgefällt, bildet es einen weissen

flockigen Niederschlag, der bei längerem Stehen unter Wasser theilweise seine Löslichkeit einbüsst. Characteristisch für das Vitellin ist die Unmöglichkeit, dasselbe durch Sättigung einer kochsalzhaltigen V-Lösung mit Na Cl auszufällen und ferner die fast ständige Begleitung von Lecithin und Nuclein. Der letztere Umstand lässt die Vermuthung nicht ganz ausgeschlossen erscheinen, dass das Vitellin ein Proteid ist, welches durch Alcohol in coagulirtes Eiweiss und Lecithin, durch verdünnte Salzsäure in Syntonin und Lecithin zerfällt.

Beim Erhitzen gerinnt Vitellin in 10 pCt. Kochsalzlösung partiell bei 70°, total bei 75°. Aus 1 pCt. $Na_2 CO_3$-Lösung wird Vitellin durch Wasser allein schwer ausgefällt; Einleiten von CO_2 bewirkt reichliche Fällung. Genauer untersucht ist bis jetzt nur das Vitellin aus dem Dotter des Hühnereies. Aehnliche vielleicht damit identische Körper finden sich auch im Eidotter der Fische und der nackten Amphibien, ferner im Chylus, im Fruchtwasser und in der Krystalllinse.

2. Myosin. Entsteht höchst wahrscheinlich aus einem andern im Muskelplasma enthaltenen Eiweiskörper bei der Gerinnung des Plasma in ähnlicher Weise, wie das Fibrin aus dem Fibrinogen. Frisches, aus todtenstarrem Muskel dargestelltes Myosin löst sich leicht in Salmiaklösung. Die Lösung wird bei 45—43° etwas trübe, bei 45—50° stark trübe, und in Myosinlösungen vom Pferd (Weyl) tritt bei 55 60° flockige Fällung ein. Mit $^1/_{10}$ normaler H Cl löst es sich auf und bindet zu 3,1—4,8 pCt. Säure derart, dass sie nicht mehr durch Tropäolin 00 angezeigt wird; dampft man diese Lösung ein, so hinterbleibt salzsaures Myosin (Danilewsky). Beim Verbrennen hinterlässt Myosin eine alkalisch reagirende Asche, welche Ca, Mg, $P_2 O_5$ und $S O_3$ enthält. Pepsin führt Myosin in saurer Lösung leicht und vollständig, Trypsin in alkalischer Lösung nur langsam und unvollständig in Pepton über. Nach Treskin scheint dasselbe auch im Hoden vorzukommen.

3. Serumglobulin (Paraglobulin, Serumcasein, Fibrinoplasmin wird aus Blutserum, Chylus, Lymphe und Transsudaten durch Sättigung mit schwefelsaurer Magnesia vollständig bei 30° gefällt. Von anhaftendem Serumalbumin befreit, bildet dasselbe eine weisse flockige Masse, welche in Wasser nicht, in verdünnter Kochsalzlösung leicht löslich ist; durch öfteres Lösen und Fällen mit Kochsalz wird es allmälig schwerer löslich für dieses und kann durch Eintragen von festem Kochsalz vollständig gefällt werden Bringt man eine Lösung von Serumglobulin in verdünnter schwefelsaurer Magnesia auf den Dyalisator und stellt diesen in eine concentrirtere, noch mit festem Salz versetzte Lösung von schwefelsaurer Magnesia, so scheidet sich das Paraglobulin als ein feiner schlammiger Niederschlag aus, welcher aus mikroskopisch kleinen, krystallinischen, durchsichtigen Scheibchen besteht (Drechsel). Gerinnung tritt zwischen 68—80° und im Allgemeinen um so früher ein, je concentrirter die Salzlösung ist; doch coagulirt eine Lösung mit 16 pCt. Na Cl schon bei 69°, eine solche mit 11 pCt. aber erst bei 75° $(\alpha)D = -47{,}8$.

Nach Versuchen von J. G. Otto entsteht ein mit Serumglobulin wahrscheinlich identischer Eiweisskörper bei der Pankreasverdauung aus Fibrin.

4 Fibrinogen Im Blutplasma (nicht im Blutserum), Chylus, Lymphe, sowie in allen gerinnungsfähigen Transsudaten und dem gallertigen Secrete der Vesicula seminalis des Meerschweinchens (Landwehr) enthalten. Frisch dargestellt bildet es einen weissen flockigen Niederschlag, der sich beim Stehen häufig zu einem zähen, fest haftenden Bodensatz vereinigt; stark zwischen Papier gepresst giebt das Fibrinogen eine zähe, elastische Masse, welche dem Fibrin äusserst ähnlich ist, sich aber in Kochsalzlösung völlig auflöst.

Durch Erwärmen auf 55—60° werden Fibrinogenlösungen zum Gerinnen gebracht, wobei sie ebenfalls meist zu einem weissen fibrinähnlichen Kuchen erstarren. In der vom Gerinnsel getrennten Flüssigkeit befindet sich stets ein Globulin gelöst, welches

aber nicht mit Serumglobulin identisch ist, da es schon bei 54—60° gerinnt. In verdünnten Alkalien und Säuren löst sich Fibrinogen leicht unter allmäliger Bildung von Albuminat und Acidalbumin. Durch längeres Erhitzen auf 37-40° werden salzfreie möglichst alkaliarme (0,005 pCt Na_2O) Fibrinogenlösungen in ein gerinnungsunfähiges, durch Kochsalz nicht mehr vollständig fällbares Globulin umgewandelt.

Setzt man eine Lösung von Fibrinferment (oder Blutserum) zu einer Fibrinogenlösung, so gerinnt dieselbe binnen kurzer Zeit; auch hierbei spaltet sich ein Globulin ab (Hammarsten). Das Gerinnungsproduct wird bezeichnet als Fibrin.

III. Fibrin findet sich im thierischen Organismus nur als pathologisches Product oder post mortem. Ob das Blut verschiedener Thierspecies ein und dasselbe oder verschiedene Fibrine liefert, ist noch nicht entschieden.

Das durch Schlagen des Blutes erhaltene Fibrin ist niemals völlig rein zu erhalten, sondern schliesst stets noch Reste zelliger Elemente ein. Ein den Ansprüchen auf Reinheit genügendes Präparat erhält man nur aus Fibrinogenlösungen oder aus gekühltem, filtrirtem oder centrifugirtem, völlig klarem Blutplasma. Es bildet eine rein weisse, gequollene, elastische Masse von dehnbaren Fäden und Klümpchen, welche in Wasser, Alkohol und Aether unlöslich sind. Frisch dargestelltes Fibrin nimmt O aus der Luft auf und giebt CO_2 ab, H_2O_2 geht, mit Fibrin in Berührung gebracht, unter O-Entwicklung in H_2O über. Mit Wasser auf 75° erhitzt, wird es trübe, weniger elastisch, schwerer verdaulich für Pepsin und verliert die Fähigkeit, O aufzunehmen und H_2O_2 zu zersetzen Mit verdünnten Säuren (0,1—0,3 pCt. HCl) quillt dasselbe ausserordentlich stark auf, namentlich bei Brüttemperatur, wobei es eine glasartig helle Beschaffenheit erlangt; ähnlich verhält es sich Alkalien gegenüber. Nach längerer Zeit löst es sich in verdünnten Säuren und Alkalien zu Acidalbumin resp. Albuminat auf. In Salzlösungen ist reines Fibrin quellbar, aber nicht löslich. Das getrocknete, gelbich durchscheinende, pulverisirbare Fibrin ist in Säuren ebenfalls quellungsfähig.

IV. Coagulirtes Eiweiss. Albumine, Globuline, Albuminate und Fibrine coaguliren durch Einwirkung von höherer Temperatur bei Gegenwart von Wasser oder durch Alkohol oder Aether (Serumalbumin macht Aether gegenüber eine Ausnahme). Wahrscheinlich entspricht jedem genuinen Eiweisskörper ein coagulirter. Letztere sind noch wenig untersucht Sie sind in Wasser, Alkohol, Aether und neutralen Salzlösungen unlöslich, lösen sich schwierig in ätzenden Alkalien zu Albuminaten, in concentrirten Säuren zu Acidalbumin. Stark verdünnte Säuren sind unwirksam. Von Pepsin werden sie bei Gegenwart von HCl (ev. einiger anderer Säuren) verdaut. In concentrirter Essigsäure findet unter vorangehender Quellung ebenfalls Lösung statt; durch Zusatz concentrirter Salzlösungen lässt sich alsdann bereits in der Kälte eine Fällung hervorrufen.

V. Acidalbumine. Dieselben, auch als Syntonine bezeichnet, entstehen aus Albuminen, Globulinen, Fibrin, coagulirtem Eiweiss und Proteiden durch Behandlung mit überschüssigen Säuren. Man hat allen Grund zu der Annahme, dass aus jedem dieser Eiweisskörper ein besonderes Acidalbumin hervorgeht. Bei der Magenverdauung bilden sie das erste Umwandlungsproduct.

Aus Albuminen und Globulinen entstehen die Acidalbumine schon durch sehr verdünnte Säuren ev. schon durch Säuredämpfe.

Als Resultat vorsichtiger Säurebehandlung (gegen verdünnte Säure dialysirt) erhält man einen steifen, durchsichtigen, mehr oder weniger gallertartigen Niederschlag, welcher beim Erwärmen schmilzt und sich beim Erkalten wieder bildet. In Wasser, neutralen Salzlösungen und mit Erdcarbonaten verrieben ist derselbe nicht, wohl aber in 0,1 pCt. Salzsäure, sowie in sehr verdünnten, ätzenden und kohlensauren Alkalien oder Kalkwasser löslich. Aus 0,1 pCt. Salzsäure werden die Syntonine durch concentrirte Salzsäure gefällt, in rauchender sind sie hingegen löslich und fallen beim Verdünnen mit Wasser aus. Zusatz von Alkali zu Lösungen in verdünnter Säure giebt zwar auch eine Fällung, dieselbe löst sich aber durch überschüssiges Alkali unter Umwandlung zu Albuminat. Bei Gegenwart von $Na\,H_2\,PO_4$ gelingt die Lösung durch Alkalizusatz erst dann, nachdem die Gesammtmenge des Phosphates in das secundäre Salz ($Na_2\,H\,PO_4$) übergeführt worden ist. Lösungen in Kalkwasser gerinnen beim Kochen theilweise, in möglichst wenig $Na_2\,CO_3$ gelöst selbst nicht beim Sieden, wohl aber in salzsaurer Lösung (Mörner).

Näher untersucht sind

1. Hühnereiweisssyntonin (Ovosyntonin) aus frischem Eieralbumin durch Erwärmen auf dem Wasserbade mit 0,1—0,25 pCt. $H\,Cl$ zu erhalten.
2. Muskelsyntonin (Myosyntonin); aus Myosin oder den Muskeln durch Säurebehandlung darstellbar. Stärker gelatinös als die Syntonine der übrigen Eiweisskörper.
3. Parapeptone (Meissner). Acidalbumine als Neutralisationspräcipitat aus Verdauungsgemischen von Eiweisssubstanz mit Magensaft.
4. Fibrinsyntonin, dadurch ausgezeichnet, dass Zusatz von überschüssigem Alkali zu der einige Zeit vorher neutralisirten Lösung den entstandenen Niederschlag nicht mehr auflöst (J. Sander).

VI. Albuminate (Proteine, Mulder). Albumine, Globuline, Fibrine, coagulirtes Eiweiss werden durch Behandlung mit verhältnissmässig geringen Mengen concentrirter Alkalien in eine steife, durchsichtige Gallerte von Kali resp. Natronalbuminat (Lieberkühn'sches oder fällbares Eiweiss) umgewandelt, desgleichen Acidalbumin. Mit Säuren behandelt liefert letzteres jedoch nicht Acidalbumin (Mörner).

Durch vorsichtigen Zusatz einer Säure (Essigsäure) werden die Albuminate als flockiger weisser amorpher Niederschlag ausgefällt. In Wasser nnd 10procentiger Na Cl-Lösung fast unlösbar, löst er sich leicht in Alkalien, $Na_2\,H\,PO_4$ und $Na_2\,CO_3$. Die Lösungen in möglichst wenig Alkali reagiren entschieden sauer und gerinnen erst beim Erhitzen über 100°. Neutrale Salzlösungen (Kochsalz) bewirken je nach der Menge mehr oder weniger rasch Coagulation. Die amphotere Albuminatlösung in Alkali wird vom Alkohol kalt gefällt, beim Erwärmen damit ganz oder theilweise gelöst. Mit kohlensauren alkalischen Erden aufgeschlemmt, lösen Albuminate diese unter Austreibung von Co_2 auf. Durch Säuren tritt im Allgemeinen Fällung auch dieser Lösungen ein, der Niederschlag ist aber in Salzsäure leicht löslich, etwas schwerer in Oxalsäure, sehr schwer in Essigsäure. Eine Lösung von Albuminat in $Na_2\,H\,PO_4$ wird durch Säuren erst dann gefällt, wenn dieses Salz in $Na\,H_2\,PO_4$ übergeführt worden ist. Werden die mit alkalischen Erden dargestellten Albuminatlösungen abgedampft, so bilden sie an der Oberfläche Häute Die Möglichkeit der Existenz verschiedener Albuminate kann aus dem optischen Verhalten gefolgert werden.

Serumalbumin zeigt bei Behandlung mit starker Kalilauge $(\alpha)\,j = -86°$.

Eieralbumin und coagulirtes Eieralbumin unter derselben Bedingung $(\alpha)\,j = -47°$ resp. $-58{,}8°$.

VII. Albumosen (Propeptone Schmidt-Mühlheim). Bei der Verdauung der Eiweisskörper durch Pepsin und Trypsin entstehen die genannten Substanzen als Zwischenproducte zwischen den Acidalbuminen (resp. Albuminaten) und Peptonen. Setzt man zu einer albumosehaltigen Lösung Salpetersäure, so entsteht ein weisser Niederschlag, der sich beim Erwärmen löst und beim Erkalten wieder erscheint.

Diese Erscheinung tritt nur dann ein, wenn die Mischung Na Cl-haltig ist und der Salzgehalt 6 pCt. nicht übersteigt. Bei einem Ueberschuss oder gänzlichen Fehlen von Salz findet ein Aufhellen beim Erwärmen nicht mehr statt. Kochsalz im Ueberschuss und Essigsäure oder Salzsäure, Natronsulfat und Schwefelsäure (Herth) fällen Albumose als unlösliche Säureverbindung aus. Nach Salkowsky verhält sich Essigsäure bei Anwesenheit von wenig Kochsalz ganz analog wie Salpetersäure. Das mittelst HNO_3 aus seinen Lösungen gefällte salpetersaure Propepton krystallisirt, mit Alkohol geschüttelt, in 0,5—1 *mm* grossen, cubischen, durchsichtigen Krystallen aus; nach Verdunsten des Alkohols (unter dem Mikroskop zu beobachten) trüben sich dieselben unter Aufquellen oder sie zerfallen zu Tafeln, Blättchen und Körnchen, die sich zu rundlichen Aggregaten vereinigen (Schmidt-M). Bis auf einen geringen constanten Säurerest kann reine Albumose erhalten werden durch genaues Neutralisiren wässriger Säurelösung, Einengen und Dialysiren. Die Albumose scheidet sich dabei als eine geleeähnliche Schicht von brauner Farbe aus, welche mit Wasser geschüttelt einen weissen Niederschlag giebt Aehnlich wie mit Säuren verbindet sich Albumose auch mit Alkalien.

Während Herth annimmt, dass bei der Verdauung aus einem Eiweisskörper (Fibrin z. B.) nur eine Albumose (Hemialbumose) hervorgehe und zwar ohne Spaltung oder Wassereintritt, nimmt Kühne eine Spaltung des Eiweissmolecüls in zwei einander ähnliche Gruppen an, die er als Anti- und Hemigruppe bezeichnet (Anti- und Hemialbumose). Letztere soll ihrerseits ein Gemenge sein von 1. Protalbumose, durch festes NaCl in Ueberschuss fällbar, in kaltem und heissem Wasser löslich; 2. Heteroalbumose, durch Na Cl-Ueberschuss fällbar, in kaltem und siedendem Wasser unlöslich, in verdünntem und concentrirtem Salzwasser löslich; 3. Dysalbuminose, in Salzwasser unlöslich; 4. Deuteroalbumose, durch Na Cl-Ueberschuss nicht, dagegen durch Na Cl + Säuren fällbar, in reinem Wasser unlöslich. Ausserdem finden sich geringe Unterschiede für polarisirtes Licht. Herth constatirte jedoch, dass alle Unterschiede im Verhalten zu Lösungs- und Fällungsmitteln sowie der Einfluss auf polarisirtes Licht verschwinden, sobald die geringen Differenzen im Säuregrad der einzelnen Substanzen ausgeglichen werden. Im Uebrigen hängt die specifische Drehung für gelbes Licht mit dem Säuregrade zusammen, nimmt mit der Verminderung desselben zu und schwankt zwischen $-67{,}70$ und -70°. Die Antialbumose ist vermuthlich mit Syntonin identisch. An feuchter Luft oder wässriger Lösung geht Hemialbumose theilweise in coagulirbares Eiweiss über (J. G. Otto). Normal kommt dieselbe auch im Knochenmark vor (R. Fleischer). Ellenberger und V. Hofmeister constatirten in fast allen von ihnen untersuchten thierischen Secreten und Organen die Anwesenheit eines Eiweisskörpers, welchem ähnliche Reactionen zukommen, wie der Hemialbumose.

VIII. Peptone. Entstehen als Endproducte der Einwirkung des Pepsins und Trypsins auf Eiweisskörper, aber auch als indermediäre Umwandlungsproducte bei Anwendung von concentrirten Säuren, Alkalien oder durch Fäulnissfermente.

Nach Wenz kann eine Trennung der Peptone von Albumosen in Verdauungs-

gemischen oder sogenanntem »käuflichen Pepton«, welches überwiegend Albumosen enthält, bewirkt werden durch Sättigung mit neutralem Ammoniumsulfat. Die Albumosen werden vollständig gefällt, während die Peptone in Lösung bleiben. Aus dem Filtrat erhält man das Pepton nach Entfernung des Ammoniumsulfates durch Sieden mit kohlensaurem Baryt und genauer Zersetzung des Barytpeptons mittelst Schwefelsäure als weisses Coagulum, welches getrocknet ein feines weisses Pulver darstellt von widerwärtigem, an Erbrochenes erinnernden Geschmack (Albumosen besitzen weniger unangenehmen Geschmack). In kaltem und heissem Wasser leicht löslich (in absolutem Alkohol und Aether nicht), wird Pepton gefällt durch Tannin-, durch Phosphorwolfram- und Phosphormolybdänsäure, Kaliumquecksilberjodid und Kaliumwismuthjodid bei Gegenwart starker Mineralsäuren, ferner durch Bleiessig und Ammoniak und durch salpetersaures Quecksilberoxyd. Peptone und Albumosen geben sowohl die Biuret- als die Petri'sche Diazoreaktion. Wahrscheinlich verbindet sich Pepton mit Säuren und auch mit Basen. Das Pepton ist nur spurweise diffusibel in neutralem Zustande, bei Gegenwart von Alkalien (v. Wittich) oder von Säuren (Henninger) leichter, aber nicht erheblich mehr als andere Eiweisslösungen unter denselben Verhältnissen. $(\alpha)_D$ in wässriger Lösung schwankt um $-63{,}5^\circ$. Am schwächsten dreht Albuminpepton, stärker Fibrinpepton, am stärksten Caseinpepton (J. Hofmeister, Corvisart). Durch Erhitzen mit Essigsäureanhydrid (Henninger) oder für sich auf 140—150° erwärmt (Hofmeister) wird Pepton in Körper verwandelt, welche dem Propepton oder Acidalbumin ähnlich sind, ein Umstand, welcher die Annahme, dass die Peptone hydrirte Eiweisssubstanzen sein, wesentlich unterstützt. – Das durch Magenverdauung erhaltene Pepton wird durch Trypsin theilweise unter Bildung von Leucin und Tyrosin und einer durch Br oder Cl sich violett färbenden Verbindung zersetzt. In Consequenz seiner Theorie der Albumosenbildung unterscheidet Kühne auch Anti- und Hemipepton etc., und soll nur das letztere bei Trypsinverdauung weiterer Zersetzung unterliegen, während Antipepton durch Trypsin keine Veränderung erleidet etc. —

IX. Amyloid-Substanz (Virchow). Kommt unter normalen Verhältnissen im Organismus nicht vor, sondern nur als pathologisches Product.

Zeichnet sich durch seine Resistenz den Verdauungsgemischen gegenüber aus. Rein dargestellt bildet es ein weisses Pulver, welches durch J und H_2SO_4 violett bis stahlblau gefärbt wird. Methylviolett färbt es purpurroth. In verdünnten Alkalien quillt es und löst sich allmälig etwas auf, in concentrirten löst es sich völlig und wird beim Kochen in Albuminat umgewandelt; in NH_3 wenig, in Baryt- und Kalkwasser nicht löslich. Mit verdünnter Schwefelsäure gekocht, giebt es Leucin und Tyrosin wie andere Eiweisskörper auch. Concentrirte Salzsäure löst die Amyloid-Substanz auf; die Lösung mit Wasser verdünnt giebt einen Niederschlag, der das Verhalten des Syntonin zeigt.

β) Zusammengesetzte Eiweisskörper.

Dieselben spalten sich bei der Zersetzung in echtes Eiweiss und eine von Eiweiss verschiedene Substanz.

I. Proteide. Eiweisssubstanzen, welche bei der Spaltung ausser einem echten Eiweisskörper (Acidalbumin, Albuminat) einen nicht den Kohlehydraten angehörigen, hoch constituirten, characteristischen Atomcomplex liefern:

1. Blutfarbstoffe. Spalten sich bei Zersetzung zunächst in Globuline und Hämatin. Es lassen sich derartige Verschiedenheiten constatiren in Krystallgestalt, Löslichkeit und Wassergehalt und anscheinend auch bezüglich der Menge der

gebundenen Gase, dass man die einzelnen Hämoglobine als differente chemische Individuen aufzufassen berechtigt ist. Da sie aber alle ein und dasselbe Hämatin bei der Zersetzung liefern, so muss die Ursache dieser Verschiedenheiten in der Natur der bei der Bildung des Hämaglobinmolecüls betheiligten Eiweissgruppe liegen. Näheres siehe bei Blut.

2. Caseine. Aus Kuhmilch durch wiederholte Essigsäurefällung erhaltenes Casein stellt lufttrocken ein staubfeines, schneeweisses, aschefreieies Pulver dar, welches feuchtes blaues Lacmuspapier stark röthet. Es löst sich in Wasser fast gar nicht, in ätzenden, kohlensauren und phosphorsauren Alkalien, Kalk und Baryt aber leicht; die entstehenden Lösungen reagiren sauer, bei etwas reichlicherem Alkalizusatz neutral resp. alkalisch. Beim Kochen tritt keine Gerinnung ein, die Flüssigkeit überzieht sich aber mit einer Haut.*)

Eine völlig neutrale Caseinlösung zeigt beim Erwärmen eine Trübung, die beim Erkalten wieder verschwindet, wenn die Erhitzung nicht zu lange dauerte.

Die Carbonate von Baryt, Kalk oder Magnesia, in Wasser suspendirt, werden unter Austreibung der CO_2 gelöst. Durch Neutralsalze (NaCl, auch gewöhnliches gypshaltiges) werden alle diese Lösungen ebenso wie durch verdünnte Säuren gefällt. Ein Ueberschuss dieser letzteren, namentlich von HCl, löst das gefällte Casein wieder auf Auch phosphorsaurer Kalk vermag Casein zu lösen; die Lösung gerinnt beim Kochen nicht, wohl aber mit Lab. Durch Mineralsäuren gefälltes Casein hält kleine Mengen davon zurück, die sich durch Auswaschen nicht entfernen lassen (Hammarsten). Ganz frisch gefällt ist das Casein auch in Neutralsalzen, besonders in Kochsalz theilweise löslich; hat es sich aber bereits als Niederschlag ausgeschieden, so ist es fast ganz unlöslich in Salzen. Mit verdünnter Salzsäure gekocht geht das Casein langsam in Syntonin über, mit überschüssigem Alkali behandelt, ziemlich rasch in Albuminat. Lubavin ebenso Hammarsten ermittelten einen constanten Phosphorgehalt von 0,847 pCt. (S-Gehalt 0,78 pCt.), welcher in Form einer Nucleinverbindung im Caseinmolecül vertreten ist. Lässt man auf eine salzsaure Caseinlösung Pepsin einwirken, dann trübt sich die anfangs klare Flüssigkeit allmälig, und schliesslich fällt das Nuclein als reichlicher flockiger Niederschlag aus. Von besonderem Interesse ist das Verhalten des Caseins gegen Labferment. Bei Gegenwart von phosphorsaurem Kalk gerinnt das Casein unter Bildung von »Käse« durch Einwirkung des Labfermentes, während in rein alkalischer Lösung nach Neutralisiren mit Phosphorsäure die Gerinnung ausbleibt. Zur Käsebildung ist die Anwesenheit von Kalkphosphaten eine unbedingte Nothwendigkeit. Caseinlösungen können auch ohne Lab durch alleinigen Zusatz von Chlorcalcium oder anderen Kalksalzen zur Gerinnung gebracht werden, diese Niederschläge haben aber eine von dem aus natürlicher Milch erhaltenen Käse abweichende Beschaffenheit.

Nach Hammarsten findet unter Vermittelung des Labfermentes eine Zerlegung des Casein in zwei Verbindungen statt, wovon die eine mit den Kalkphosphaten einen mit aus natürlicher Milch identischen Käse liefert. Das zweite Spaltungsproduct ist ebenfalls ein Eiweisskörper, der sämmtliche Reactionen der Peptone giebt (aber eine andere Zusammensetzung besitzt als diese). Zu dieser Ansicht gelangte Hammarsten hauptsächlich durch folgenden Versuch: Man theilt eine mit Kalkwasser und Phosphorsäure bereitete Caseinlösung in zwei gleiche Theile und fällt aus dem einen (A) das

*) Diese Haut entsteht wahrscheinlich wie die auf Albuminaten, Chondrin und Leimlösungen dadurch, dass die Verdunstung an der Oberfläche so rasch vor sich geht, dass ein Austrocknen der oberflächlichen Eiweissschichten erfolgt. Getrocknete Eiweisskörper lösen sich sehr schwer wieder auf, daher die Persistenz des Caseinhäutchens auf der Flüssigkeit.

Casein durch Eintragen von gepulvertem Kochsalz bis zur Sättigung. Der andere (B) wird mit Lab versetzt, der Käse abfiltrirt und das Filtrat ebenfalls mit Kochsalz gesättigt. Darauf werden beide Flüssigkeiten filtrirt, die beiden wasserhellen Filtrate mit gleich viel Wasser verdünnt, mit derselben Menge Essigsäure angesäuert und mit Gerbsäure versetzt. In dem Filtrate von A entsteht mit Gerbsäure nicht die Spur einer Trübung, in dem Filtrate von B dagegen ein weisser flockiger Niederschlag. Die Spaltung des Casein vollzieht sich auch in reinen Caseinlösungen, nur mit dem Unterschiede, dass die Käsefällung unterbleibt. Sie tritt sofort ein, wenn nachträglich die betreffenden Kalksalze zugesetzt werden. Auf Grund der Ermittelungen von Eugling (cf. Milch) wäre anzunehmen, dass sich bei Gegenwart von Kalkphosphat das Tricalciumphosphatcasein regenerirt. Das Labferment wirkt nach der Anschauung des Letzteren aber in der Weise, dass unter Zersetzung des Kalkphosphatcaseins ein Acidalbuminat und eine basische Verbindung entsteht, welche als Käse ausfällt. Wenngleich demnach über die Natur der neben dem Käse auftretenden Eiweisskörper eine Uebereinstimmung der Ansichten noch nicht besteht, so ist jedenfalls doch als feststehend zu erachten, dass das Casein bei der Spaltung durch Labferment eine zweite Eiweisssubstanz liefert, weshalb es zu den Proteiden gerechnet werden muss. Die Albuminate, denen das Casein von Hoppe-Seyler angereiht wurde, theilen mit demselben zwar manche Eigenschaften, erstere werden aber durch Labferment nicht verändert, auch nicht bei Gegenwart von Kalkphosphat — Vom Casein unterscheidet sich der Käse durch seine Schwerlöslichkeit in Säuren und Alkalien. Mit Lab vermag Käse nicht mehr zu gerinnen.

Die von Biedert, Makris, Pfeiffer u. A. gefundenen und als characteristisch betonten Unterschiede der Caseine verschiedener Provenienz in ihrem Verhalten Säuren etc. gegenüber beziehen sich zumeist auf das Casein der natürlichen Milch. Rein dargestellte Caseine aus verschiedenen Milchsorten bieten keine erheblichen Unterschiede in ihrem chemischen Verhalten, woraus Dogiel folgert, dass die Caseine einander mindestens so nahe stehen wie Eiweisssubstanzen derselben Gattung, z. B. die Albumine. Das Drehungsvermögen wird von der Concentration des Lösungsmittels erheblich beeinflusst. Fällt man Kuhcasein aus Milch mit schwefelsaurer Magnesia, entfettet es mit Aether und löst es in Wasser, so zeigt es $(\alpha)\ j = -80^\circ$; in schwach alkalischer Lösung $= -76^\circ$, in sehr verdünnter Lösung $= -87^\circ$, in stark alkalischer Lösung $= -91^\circ$ (Hoppe-Seyler).

II. Glycoproteide. Eiweissverbindungen, welche bei Spaltung neben einem Eiweisskörper eine den Kohlehydraten angehörige Substanz liefern.

1. Mucine. Die Mucine, im Schleim (cf. diesen), schleimhaltigen Geweben und Sehnen vorkommend, werden durch 0,2 pCt Salzsäure oder durch 10—20 pCt. Essigsäure (5 pCt. löst Spuren unverändert auf) aus den natürlichen oder Kalkwasserlösungen gefällt, ohne dass im Ueberschuss des Fällungsmittels Lösung eintritt. Mit Essigsäure gefällt zeigt der Niederschlag auch nach sorgfältigem Auswaschen saure Reaction. Nach dem Trocknen bildet es ein weisses bis grauweisses, schwer zerreibliches Pulver. Lässt man zu in wenig Wasser aufgeschwemmtem Mucin verdünnte Alkalilauge einfliessen, so erhält man eine zähflüssige glasige Masse, die bei überschüssigem Alkali nach Wasserzusatz dünnflüssig wird. Salpetersäure erzeugt in Lösungen einen flockigen Niederschlag; beim Erwärmen tritt Xanthoproteinreaction ein. Kupfersulfat fällt grobflockig; überschüssiges Alkali löst den Cu-Niederschlag zu schwach violett gefärbter Flüssigkeit, (Biuret-Reaction), beim Erhitzen tritt keine Reduction ein. Quecksilberchlorid, Alaunlösung, Oxalsäure, Bleizuckerlösung und Bleiessig bewirken ebenfalls grobflockige, im Ueberschuss unlösliche Niederschläge, Magnesiumsulfat in Substanz eingetragen, dagegen nicht. Nach Zusatz von $\frac{1}{4}$ Vol.

gesättigter Kochsalzlösung kann eine Mucinlösung neutralisirt und sogar ziemlich stark angesäuert werden, ohne dass eine Fällung oder Trübung stattfindet. In derartigen Gemischen, welche ebensowenig wie eine reine Lösung beim Sieden gerinnen, wird durch Gerbsäure ein grobflockiger Niederschlag erzeugt, ebenso durch Quecksilberjodidkalium. Ferrocyankalium trübt das Gemisch nicht. Mit Essigsäure bis zu beginnender Fällung versetzte reine Mucinlösungen klären sich durch Zusatz von Ferrocyankalium auf. Nach Zusatz von Millon's Reagens erhält man beim Erhitzen sich roth färbende Coagula. Adamkiewicz's Reagens bewirkt rothviolette Färbung. Mit verdünnten Laugen bis zur Lösung neutralisirtes Mucin giebt nach dem Trocknen bei 110°, nicht aber beim einfachen Erhitzen in alkalischer Lösung die Reactionen des coagulirten Eiweiss, mit Mineralsäuren anhaltend gekocht Acidalbumin und eine reducirende Substanz, welche sich als Lävulinsäure (β — Acetopropionsäure $CH_3.CO.CH_2.CH_2.COOH$) erwiesen hat. Durch Ueberhitzen unter Druck zerfällt Mucin in eine Eiweisssubstanz und thierisches Gummi (nicht reducirend) (Landwehr). — Mit Speichel kann eine Mucinlösung digerirt werden, ohne dass in dem Gemisch eine reducirende Substanz auftritt. Mit 0,25 pCt. HCl gefällt und mit Pepsin versetzt, findet eine Lösung selbst nach mehrtägigem Digeriren bei Bruttemperatur nicht statt. — Mit verdünnter Schwefelsäure gekocht liefert das Mucin neben Leucin 7 pCt. Tyrosin.

Von Mucinen der Säuger sind näher untersucht

a) Drüsenmucin der Submaxillardrüse (Obolensky),
b) Gallenmucin (Landwehr),
c) Nabelstrangmucin (Jernström, Hammarsten),
d) Sehnenmucin (Rollett, Löbisch).

2. Metalbumin (Scherer) von Hammarsten aus Ovarialcystenflüssigkeit durch wiederholte Alkoholfällung als staubfeines, weisses, stark hygroskopisches Pulver, welches sich in Wasser zu einer opalisirenden, schleimigen, dicklichen Flüssigkeit löst. Die Lösungen ähneln den Mucinlösungen, unterscheiden sich aber von diesen dadurch, dass durch Kochen der wässerigen Lösungen oder durch Essigsäure keine Fällung eintritt, auch nicht durch die gewöhnlichen Eiweissreagentien; nur durch Bleiessig entsteht ein im Ueberschuss leicht löslicher Niederschlag. Mit Millon's Reagens färbt es sich braunroth. Feucht auf 100° erhitzt, wird es unlöslich. Durch anhaltendes Kochen mit viel Wasser wird Metalbuminlösung dünnflüssig, filtrirbar und spaltet sich ebenfalls in thierisches Gummi und einen Eiweisskörper. — Die von Scherer als Paralbumin bezeichnete, ebenfalls aus Cystenflüssigkeit zu erhaltende Substanz besteht nach Hammarsten aus einem Gemenge von Metalbumin und Eiweiss.

3. Chondrin entsteht durch längeres Kochen des hyalinen Knorpels aus einer in diesem enthaltenen, in kaltem und heissem Wasser unlöslichen Substanz, dem Chondrigen (Anhydrid des Chondrin?), welches Fubini auch in der Cornea nachwies. Alkohol oder Aether fällt das Chondrin aus. In kaltem Wasser quillt es und löst sich in kochendem als Micellarlösung auf, um beim Erkalten wie Leim zu gelatiniren (Knorpelleim). Durch Essigsäure (bei Abwesenheit von Kochsalz), Alaunlösung und Salze schwerer Metalle wird es gefällt, durch $HgCl_2$ aber nur getrübt, durch Tannin nicht gefällt, während Leimlösung mit den letzten beiden Reagentien einen Niederschlag giebt, durch die erstgenannten aber gewöhnlich keine Veränderung erleidet. Verdünnte Mineralsäuren fällen Chondrin, der Niederschlag löst sich im Ueberschuss der Säure leicht auf. Mit nicht zu stark verdünnten Säuren gekocht, wird das Chondrin gespalten, wobei neben einem syntoninartigen Körper eine reducirende Substanz auftritt, welche von Tollens und Wehmer als Lävulinsäure erkannt wurde.

Beim Kochen von Chondrin mit conc. Salzsäure erhielt Landwehr Amidoglutarsäure, Leucin, Glycocoll, Ammoniak und Schwefelwasserstoff. Bei längerem Kochen mit Wasser spaltet sich das Chondrin ebenfalls und zwar in Leim und thierisches

Gummi. Möglicherweise ist noch ein drittes Spaltungsproduct vorhanden, das bisher noch nicht isolirt werden konnte. Das Vorkommen von Brenzcatechin beim Erhitzen mit starker Natronlauge (v. Mering) weist auf das Vorhandensein einer aromatischen Gruppe hin, welche indess eine von der in echten Eiweisskörpern vorkommende abweichende Beschaffenheit besitzen muss, da Tyrosin in keinem Falle bisher zu erhalten war. Biuretreaction tritt ein.

γ) Eiweissabkömmlinge.

Hauptsächlich durch die vom Eiweiss abweichende physikalische Beschaffenheit characterisirt. Bilden Integumente und Gerüstsubstanzen.

I. Albumoide. Unter Albumoiden fasst Drechsel alle jene früher den Albuminoiden Hoppe-Seylers zugezählten Substanzen zusammen, welche unter ihren Zersetzungsproducten Körper der aromatischen Reihe (Tyrosin) enthalten.

1. Keratine. Den bei Besprechung der Epidermis etc. bereits erwähnten Keratinen aus Epidermis, Haar (Wolle), Hufen etc. würde noch das von Kühne aus Gehirnmasse dargestellte Neurokeratin hinzuzufügen sein. Dasselbe ist ein leicht gelbliches, sehr hartes, nicht ganz aschefrei zu erhaltendes Pulver, welches sich weder in kalter Schwefelsäure, noch in Kalilauge löst. Mit Säuren gekocht (gleiche Volumina Salzsäure und Wasser) liefern alle Keratinsubstanzen Glutaminsäure, Asparaginsäure, Leucin, Tyrosin (3—5 pCt.), Ammoniak und Schwefelwasserstoff. Die Entstehung der Keratine aus den Eiweisssubstanzen kann, wie der hohe Tyrosin- und Schwefelgehalt (bis 5,4 pCt.) zeigt, nicht die Folge eines einfachen Wasserverlustes sein, sondern beruht wahrscheinlich darauf, dass einerseits ein Antheil des Sauerstoffes im Eiweiss durch Schwefel ersetzt wird analog wie in der Thiacetsäure der Essigsäure gegenüber) und andererseits ein Theil des Leucins (oder einer anderen Amidosäure) durch Tyrosin substituirt wird (Morochowetz). Pepsin und Tyrosin haben unter gewöhnlichen Verhältnissen keine Einwirkung auf Keratin.

2. Nucleine. Dieselben enthalten (Meta-)Phosphorsäure, die in der Kälte durch verdünnte Mineralsäuren nicht sofort, aber nach 5—6maligem Aufgiessen (aus Hefenuclein, Liebermann) abgespalten wird. Sie sind wenig in Wasser löslich, leicht in Ammoniak, kohlensauren Alkalien, starker Salpetersäure, und geben Biuret- und schwache Xanthoproteinreaction. Allen gemeinsam kommt die Eigenschaft zu Lacmus zu röthen; der Säurecharacter äussert sich ausserdem in der Fähigkeit, Sodalösungen unter CO_2-Entwickelung, selbst Na-Acetat zu zersetzen. Wird einer Lösung von Nuclein in Na-Acetat neutrales essigsaures Blei zugefügt, so fällt ein weisser körniger Niederschlag aus, welcher jedoch nicht das gesammte Nuclein enthält. Nach längerer Einwirkung von Alkalien und Säuren erfolgt die Bildung von Substanzen, welche dem Albumin und Syntonin ähnlich sind. Nach Hoppe-Seyler zeigen die Nucleine manche Aehnlichkeit mit Mucin und stellen möglicherweise Uebergangsstufen zwischen Albumin und Lecithin dar. Als Spaltungsproducte sind Hypoxanthin und Guanin erhalten worden. Als Zwischenproducte bei der Bildung des Hypoxanthin aus Nuclein tritt eine als Adenin ($C_5 H_5 N_5$) bezeichnete basische Verbindung auf, welche zum Hypoxanthin ($C_5 H_4 N_4 O$) in derselben Beziehung steht, wie das Guanin ($C_5 H_5 N_5 O$) zum Xanthin ($C_5 H_4 N_4 O_2$) (Kossel). Nuclein findet sich in den Kernen der Eiter- und Blutkörperchen, in den Samenkörpern, Dotterkugeln, in der Leber, im Hirn, der Milch, in der Hefe, in Schimmelpilzen und vielen Pflanzensamen, aus denen es durch künstliche Verdauung als unlöslicher Rückstand zu gewinnen ist. Da nach Bókay's Versuchen Nuclein weder vom Magensaft, noch vom Bauchspeichel, noch durch Fäulniss gelöst wird und auch der Resorption nicht unterliegt, sondern unverdaut

mit dem Koth den Körper verlässt, kann es als ein Nährstoff nicht angesehen werden. Liebermann untersuchte den schon von Berzelins gekannten Niederschlag, welchen Metaphosphorsäure mit Eiweisslösungen giebt und fand denselben in allen wesentlichen Eigenschaften mit Nuclein übereinstimmend.

3 Elastin. S-frei. Hauptbestandtheil des elastischen Gewebes. Aus reinem Elastin lässt sich in getrocknetem Zustande ein gelblich-weisses Pulver herstellen, welches ebenso wie grössere getrocknete Stücke in Wasser aufquillt. Durch kochende concentrirte Kalilauge oder verdünnte Schwefelsäure wird es gelöst, wobei es sehr viel Leucin (36—45 pCt.), aber nur wenig Tyrosin (0,25 pCt.) liefert (Erlenmeyer und Schöffer). In faulenden Pankreasgemischen finden sich Ammoniak, Valeriansäure, Glycocoll, Kohlensäure neben Pepton, aber weder Phenol noch Indol (Wälchli). Mit Wasser im zugeschmolzenen Rohr oder mit verdünnter Salzsäure bis zur Lösung gekocht, auch bei Pepsinverdauung, spaltet es sich in Hemielastin und Elastinpepton. Ersteres erinnert in seinem Verhalten, beim Erhitzen und auch in Bezug auf Farbenreactionen (Biuret-, Xanthoprotein- und Millon'sche Reaction) an Hemialbumose. $(\alpha)_D = -92{,}7$. Elastinpepton giebt dieselben Farbenreactionen. $(\alpha)_D = -87{,}94$ (Horbaczewski).

II. Glutinoide bilden die Grundlage der meisten Bindegewebsbestandtheile im Thierkörper. Liefern bei der Spaltung keine aromatischen Producte

1. Collagen, der Hauptbestandtheil des Bindegewebes, ist in Wasser, Salzlösungen, verdünnten Säuren und Alkalien unlöslich, quillt aber in Säuren und ist in diesem Zustande sowohl für Pepsin verdaulich, als auch in alkalischer Lösung für Trypsin. Für das durch Extraction der Kalksalze aus Knochen dargestellte Collagen ist vielfach die Bezeichnnng Ossein gebräuchlich. Kocht man Collagen anhaltend mit Wasser oder mit etwas Säure, so löst es sich durch Aufnahme eines Molecüls Wasser (F. Hofmeister) auf, unter Umwandlung zu

2. Glutin (Leim). In physikalischer Hinsicht verhält sich Glutin wie Chondrin. Ausser den bereits oben angegebenen Fällungsmitteln (cf. Chondrin) wird Leim gefällt durch Metaphosphorsäure, Phosphorwolframsäure und Taurocholsäure (Emich). Gerbsäure erzeugt nur bei Gegenwart von Salzen oder Essigsäure einen Niederschlag. Essigsäure und Ferrocyankalium geben auch einen Niederschlag, der sich im Ueberschuss des Salzes leicht löst. Alaun trübt die Flüssigkeit, ein Ueberschuss hellt sie wieder auf. Jetzt erzeugt auch Essigsäure keine Fällung mehr Kochen mit Millon's Reagens bewirkt keine Rothfärbung. Adamkiewicz' Reaction versagt ebenfalls, dagegen nicht die Biuretreaction. Kochen mit Salzsäure hat das Auftreten derselben Zersetzungsproducte zur Folge wie Anwendung derselben Methode bei Chondrin; Asparaginsäure, welche Gäthgens hierbei gefunden haben wollte, wurde von Landwehr vermisst. Mit Kalilauge erhitzt, giebt Glutin Leucin und Glycocoll. Mit doppelt chromsaurem Kali versetzt und eingetrocknet, bleibt Leim im Finstern oder gelben Licht längere Zeit unverändert, im Sonnenlicht wird er aber schnell unlöslich $(\alpha)_D = -112^\circ$ bis 114°. Durch längeres Kochen verliert eine Leimlösung die Fähigkeit, zu gelatiniren, und zwar unter Umwandlung des Leimes zu Leimpepton. Verdünnte Säuren, Pepsin oder Trypsin haben dieselbe Wirkung. Nach Hofmeister's Annahme zerfällt bei der Peptonisirung der Leim unter Wasseraufnahme (2 Molecüle) in Semiglutin und Hemicollin, Substanzen mit Säurecharacter, wovon jede derselben bei weiterer Spaltung Leucin und Glycocoll liefert.

b) Pflanzliche Eiweisskörper.

Die Pflanzen bergen in dem circulirenden Saftstrom verhältnissmässig wenig Eiweisssubstanzen. Das in dem Samen aufgespeicherte Eiweiss findet sich hauptsächlich im Embryo und in den sog. Proteinkörnern, stärkemehlähnlichen, mit einer Cellulosehülle umgebenen runden oder ellipsoiden Zellen, welche in ihrer Gesammtheit die sog. Kleberschicht bilden und zwischen der innersten, jener vier die äussere Haut des Korns bildenden Cellulosemembranen, der sog. Samenschicht und dem Mehlkern ihre Lage haben. In diesen Körnern treten ferner sog. Globoide auf, amorphe kugelförmige oder traubige Bildungen, in denen viel anorganische Substanzen neben organischen enthalten sind, ausserdem häufig noch sog. Krystalloide. Höchst wahrscheinlich bestehen letztere aus quellbaren krystallinischen Eiweissverbindungen mit geringen Mengen von anorganischen Basen oder Salzen, abgesehen von dem fast in allen pflanzlichen Eiweisskörpern nachweisbaren Gehalt an Kalk, Magnesia, Phosphorsäure, Eisen, event. Spuren von Cu (Kürbisglobulin). Das chemische Verhalten des Pflanzeneiweiss ist im Allgemeinen dasselbe wie das des thierischen, vielfache Beobachtungen sprechen andererseits dafür, dass beide Eiweissarten nicht identisch sind. Hieraus ergiebt sich des weiteren, dass das pflanzliche Eiweiss für die Zwecke des Thierkörpers nicht unmittelbar Verwendung finden kann. Vermuthlich werden im Organismus Bruchstücke des pflanzlichen Eiweiss zur Synthese des thierischen benutzt. Man unterscheidet:

I. Pflanzenalbumine. In reinem Zustande sind dieselben noch nicht bekannt.

Auf ihre Anwesenheit pflegt man zu schliessen, wenn man in wässerigen Pflanzenextracten nach Abfiltriren eines durch genaue Neutralisation entstandenen Niederschlages durch Kochen noch ein Coagulum erhält, event. nach Ansäuern mit einer Spur Essigsäure. Derartige Albumine finden sich in den meisten Pflanzensäften vor, sind aber auch im Samen vertreten. — An den durch Coagulation erhaltenen Albuminen lassen sich gewisse Differenzen constatiren; so löst sich z. B. das coagulirte Albumin aus Erbsen und Saubohnen leicht in Kalkwasser und Essigsäure, das aus Weizen, Gerste, Mais, Lupinen dagegen nicht.

II. Pflanzenglobuline. Entsprechen den thierischen Globulinen, unterscheiden sich aber von diesen durch ihre wenn auch geringe Löslichkeit in reinem Wasser.

Aus wässeriger Lösung werden sie durch verdünnte Kochsalzlösungen gefällt, lösen sich aber wieder in 5—20procentigen, ebenso in 1 pCt. Na_2CO_3-Lösungen. Die Hauptmasse der in den Proteinkörnern aufgespeicherten Eiweisssubstanzen besteht aus Globulinen, ebenso die Krystalloide, welche aus dem Proteinkörnereiweiss auch auf künstlichem Wege durch Digeriren mit wenig concentrirter NaCl- und $(NH_4)Cl$-Lösung bei 30—35°, Zusatz von Wasser derselben Temperatur und langsamem Erkalten zu erhalten sind. In Alkohol büssen die vegetabilischen Globuline nur langsam ihre Löslichkeit ein. Bei längerem Stehen unter H_2O gehen die Globuline in Albuminate (Caseine), dann in coagulirtes Eiweiss über.

1. Vitellin. Characterisirt sich durch seine Löslichkeit in gesättigter Kochsalz-

lösung (Weyl). Kommt im Hafer, Mais, Erbsen, süssen Mandeln, im weissen Senf, Bertholetia vor.

2. Myosin Wird aus seiner Lösung in 10 pCt. Na Cl durch Sättigung desselben mit festem Na Cl gefällt, coagulirt bei 55—60°. Als Bestandtheil von Hafer, Weizen, Erbsen, süssen Mandeln und weissem Senf nachgewiesen.

3. Conglutin. Eine Globulinsubstanz, welche nach Vines als Gemenge eines reinen Globulins (Vitellin?) mit einer der Hemialbumose entsprechenden Pflanzeneiweissverbindung auszufällen ist, ebenso wie Legumin und Glutencasein. Aus 5 pCt. Na Cl-Lösung durch Zusatz von 4—5 Vol. Wasser bis auf 10—20 pCt. fällbar, nicht aber durch Sättigung mit Kochsalz. Findet sich in gelben und blauen Lupinen, Erdnüssen (Arachis hypogaea), Haselnüssen, Wallnüssen, Rettigsamen, Pfirsichkernen, in süssen und bitteren Mandeln.

4. Legumin. Stark sauer reagirende Eiweissverbindung. In kaltem Wasser unlöslich, coagulirt es beim Kochen, durch 5 pCt. Kochsalzlösung lässt es sich aus Erbsen, Bohnen, Saubohnen, Wicken, Lupinen, unter deren Eiweisskörpern es den Hauptbestandtheil ausmacht, ebenfalls auch aus Hafer extrahiren Nach Behandlung mit Kaliwasser ist Legumin in der Salzlösung unlöslich. In stark verdünnten Alkalien löst es sich leicht, in sehr verdünnter Essig- und Salzsäure nicht unerheblich auf. Beim Verbrennen hinterlässt es eine stark phosphorsäurehaltige Asche.

5. Glutencasein Gehört nach Weyl ebenfalls zu jenen Eiweissverbindungen, welche aus ursprünglich vorhandenen Globulinen durch Behandlung mit Kaliwasser sich in Albuminate umwandeln, zu denen von Ritthausen ausser Legumin auch Glutencasein gezählt wird. Bei Verwendung von $Na_2 CO_3$ zur Extraction von Samen, unter Benutzung niederer Temperaturen und Vermeidung der Einwirkung von Alkalien und Säuren werden Albuminate resp. Caseine niemals gefunden. Das Glutencasein kann aus Weizen-, Roggen-, Gerstenkleber durch Extraction mit 0,1 pCt. Kalilauge dargestellt werden. In kaltem und heissem Wasser ist das Glutencasein unlöslich, in verdünntem heissem Alkohol löst es sich etwas, während der grösste Theil coagulirt. In Essigsäure wenig löslich, quillt es darin zu einer steifen durchsichtigen Gallerte. Metalle fällen dasselbe aus alkalischer Lösung ebenso wie Legumin. Aus Buchweizen erhält man ein Glutencasein, welches sich durch seinen hohen Schwefelgehalt (1,5p Ct. gegenüber 0,9 aus Weizen) auszeichnet und Phosphorsäure in fester Bindung enthält.

III. Pflanzenfibrine. Rührt man Mehl zu einem Teig an und knetet denselben nach einigem Stehen vorsichtig unter fliessendem Wasser aus, so gewinnt man eine zähe, elastische Masse, den Kleber. Nach Weyl und Bischoff vollzieht sich die Kleberbildung unter Vermittelung eines Fermentes durch Umwandlung einer myosinähnlichen Globulinsubstanz. Wird das Mehl mit einer 15 pCt. Na Cl.-Lösung extrahirt, so geht das Globulin in Lösung und aus dem Rückstand lässt sich Kleber nicht mehr gewinnen.

In sehr verdünnten Säuren oder Alkalien löst sich der Kleber leicht unter Bildung eines Residium von Stärke, Fett und Kleie. In neutraler Salzlösung unlöslich, löst er sich in wasserhaltigem Alkohol auf, in absolutem nicht. Auf Grund der verschiedenen Löslichkeit einzelner aus Kleber extrahirbarer Stoffe in Alkohol von 0,86—0,82 spec. Gew. unterscheidet Ritthausen eine Anzahl Substanzen, von denen das Glutencasein bereits Erwähnung gefunden hat.

1. Glutenfibrin. Kann aus Weizen-, Gerste-, Mais-, in geringer Menge auch aus Roggenkleber durch Digestion mit Alkohol von 0,86—0,83 spec. Gew in Lösung gebracht werden. Beim Verdunsten in dünner Schicht verbleibt dasselbe als bräunlich-

gelbe, elastische Haut in den Gefässen. In Wasser und neutraler Salzlösung unlöslich, in verdünnten Säuren und Alkalien löslich.

2. Gliadin (Pflanzenleim). Kocht man Kleber aus Weizen oder Hafer mit Wasser aus, so erhält man das Gliadin als klebrige, firnissartige, gelbliche Masse. In Alkohol ebenfalls löslich. In Salzlösungen fast unlöslich. Das Hafergliadin (Haferleim) besitzt einen höheren Schwefelgehalt (1,06 pCt.) als Weizengliadin (0,85 pCt.).

3. Mucedin. Findet sich in Weizen, Roggen und Gerste. Getrocknet bildet es keine zusammenhängende Platten wie Fibrin und Gliadin; im Uebrigen ähnelt es dem letzteren sehr. In Wasser nur theilweise löslich. Durch 90—95 pCt. Alkohol wird Mucedin aus schwächeren Alkohollösungen gefällt

Fette.

Aehnlich wie der thierische Organismus durch seinen durchschnittlich grösseren Eiweissreichthum die Pflanzen übertrifft, gilt dies bezüglich des Fettgehaltes. Die in den Pflanzen vorkommenden Fette finden sich vorzugsweise in dem Samen angehäuft, und zwar in um so grösserer Menge, je weniger Kohlehydrate in ihnen vorhanden sind; seltener gelingt der Nachweis im Fruchtfleisch oder in der Wurzel, während die übrigen Organe nur sehr geringe Quantitäten enthalten.

An Sauerstoff besitzen sie im Durchschnitt weniger als die Kohlehydrate. Im Mittel enthalten die für die Ernährung hauptsächlich in Frage kommenden reinen, neutral reagirenden Fette an C 76,5 pCt., H 11,9 pCt., O 11,6 pCt. und zwar

	C	H	O
Tripalmitin . .	75,93 pCt.	12,16 pCt.	11,91 pCt.
Tristearin . .	76,85 »	12,36 »	10,79 »
Triolein . . .	77,38 »	11,76 »	10,86 »

Ihrer Consistenz nach unterscheidet man feste Fette (Talg), halbfeste (Butter, Schmalz) und flüssige (Oele, Thrane). Beim Erwärmen schmelzen die consistenteren Fette sämmtlich unter dem Siedepunkt des Wassers zu einer öligen Flüssigkeit, welche wie die bei gewöhnlicher Temperatur flüssigen Oele auf Papier einen durchsichtigen, beim Anwärmen nicht verschwindenden Fleck hinterlässt. Bei 300—320° beginnen die Fette zu sieden, wobei sie unter Bildung unangenehm riechender Producte, namentlich Akrolein zersetzt werden. Das specifische Gewicht ist geringer als das des Wassers; in letzterem sind die hierher gehörigen Substanzen vollkommen unlöslich, leicht löslich dagegen in Aether und kochendem Alkohol, Schwefelkohlenstoff und den flüchtigen Oelen, schwer in kaltem Alkohol. Mit Colloidsubstanzen geschüttelt, bilden sie Emulsionen, ebenfalls mit Alkalien. Trocknende Oele und Fette. In Berührung mit der Luft nehmen einige Pflanzenfette, z. B. die im Leinsamen und Baumwollensamen enthaltenen wegen ihres Gehalts an Leinölsäure ($C_{18}H_{32}O_2$, Peters, Norton und Richardson) Sauerstoff aus der Luft auf und gehen dadurch in Verbindungen über, welche schliesslich feste Consistenz erlangen. Durch Kaliumpermanganat wird Leinölsäure zu Sativinsäure, Azelaïnsäure und Linusinsäure ($C_{18}H_{30}O_2(OH)_6$) oxydirt. Verschieden von Leinölsäure und als Tetraoxystearinsäure $C_{18}H_{36}O_6$ aufzufassen, hat sich nach Hazura's Untersuchungen die im Hanföl, Mohnöl und Nussöl vorkommende Oelsäure erwiesen. Die übrigen nicht trocknenden Oele und Fette erleiden unter Mitwirkung von Fermenten theilweise Zersetzungen (sie werden »ranzig«), wobei die neutrale Reaction in saure übergeht. Hydrolyse. Mit Wasser überhitzt oder mit starken Alkalien behandelt, werden sämmtliche Fette unter Eintritt von H_2O in Glycerin (von Scheele 1779 bei der Bereitung von Blei-

pflaster entdeckt und von ihm Principium dulce oleorum genannt) und freie Fettsäuren resp. deren Salze (Seifen) zerlegt. Ueber die Natur der hierbei in Frage kommenden Umsetzungen hatten die Untersuchungen von Chevreul den ersten Aufschluss gegeben, und wurde die Ansicht desselben, dass die Fette den gemischten Aethern zuzuzählen seien, durch die von Berthelot ausgeführte Synthese der Fette aus Fettsäuren und Glycerin bestätigt. Man bezeichnet sie jetzt allgemein als Glyceride. Alle natürlich vorkommenden Fette haben sich als Triglyceride erwiesen, d. h. als Glycerin $C_3 H_5 (OH)_3$, in welchem die drei trypischen, dem Glycerin den Character einer Base verleihenden Hydroxyle durch einwerthige und einbasische Säurereste ersetzt sind. Die Säuren, deren Radicale die Fettbildung vermitteln, gehören der Fettsäurereihe von der allgemeinen Formel $C_n H_{2n} O_2$ (Ameisensäurereihe) oder den ungesättigten Fettsäuren der Reihe $C_n H_{2n-2} O_2$ (Akrylsäurereihe) zu, nur in den trocknenden Oelen kommen noch Säuren von der Form $C_n H_{2n-4} O_2$ vor.

Neutralfette. Die den Neutralfetten zugehörigen Glyceride der sog. flüchtigen Fettsäuren (Butyrin etc.) spielen eine nur untergeordnete Rolle für die Ernährung, da sie nicht constant vorkommen und wenn vorhanden, nur wenige Procente der gesammten übrigen Bestandtheile der natürlichen Fette betragen, deren Hauptmasse aus den Triglyceriden der Palmitin-, Stearin- und Oelsäure besteht.

Das Tripalmitin $(C_3 H_5 (C_{16} H_{31} O_2)_3$ oder, wie es gewöhnlich genannt wird, das Palmitin, ist in vorwiegender Menge in den schmalzartigen Fetten und fast ausschliesslich neben Oelsäureglycerid im Olivenöl enthalten, in denen es mitunter in kleinkrystallinischen Blättchen auftritt.

Es schmilzt meist bei 60° und erstarrt bei 46° C.

Tristearin $(C_3 H_5 (C_{18} H_{35} O_2)_3$ kommt vorzugsweis in den Talgarten vor.

Es bildet farblose perlmutterglänzende Schuppen, die bei 63° C. schmelzen und erkaltend bei 51° zu einer amorphen Masse erstarren. Hat man jedoch mehrere Grade über den Schmelzpunkt erhitzt und wärmt nach dem Erkalten von neuem an, so schmilzt es nun schon bei 53°, nimmt aber nach abermaligem Erstarren seinen früheren Schmelzpunkt wieder an. Wurde das bei 63° schmelzende Stearin nur um 2° über seinen Schmelzpunkt erhitzt, so erstarrt es schon bei 61°, schmilzt aber dann erst bei 66°. Das Tristearin hat sonach 3 verschiedene Schmelzpunkte, 53, 63 und 66. Aehnliches gilt übrigens auch für das Tripalmitin.

Margarin $C_3 H_3 (C_{17} H_{33} O_2)_3$ scheint in den natürlichen Fetten nicht vertreten zu sein.

Triolein $C_3 H_5 (C_{18} H_{33} O_2)_3$, gewöhnlich als Olein bezeichnet, bildet den vorwiegenden Bestandtheil der Fette des Thierkörpers und der nicht trocknenden Oele der Pflanzen.

Rein dargestellt bildet es ein farb- und geruchloses Oel, das bei −5° C. in Krystallnadeln erstarrt. Durch Behandlung mit salpetriger Säure wird das Olein fest, indem es in das isomere neutrale Elaidin übergeht, das bei 36° schmilzt.

Fettsäuren. In thierischen und pflanzlichen Fetten finden sich neben den Triglyceriden auch die freien Fettsäuren.

Die das Palmitin bildende Säure, die Palmitinsäure $C_{16} H_{32} O_2$ ist weich, zerreiblich und krystallisirt in weissen Nadeln, schmilzt bei 62° C., wobei sich dieselbe stark ausdehnt; beim Erstarren tritt wieder eine Volumenverminderung ein. Im Vacuum mit überhitztem Dampf lässt sie sich leicht destilliren. Durch Oxydation

mit Kaliumpermanganat erhielt Gröger Säuren der Oxalsäurereihe (Oxalsäure, Bernsteinsäure, Adipinsäure), flüchtige Fettsäuren (Essigsäure, Buttersäure, Capronsäure) und Oxyfettsäuren (Oxyvaleriansäure und Dioxypalmitinsäure). Frei kommt die Säure im Palmöl vor. Als Cetyläther bildet sie den Wallrath, als Myricyläther den Hauptbestandtheil des Bienenwachses.

Die Stearinsäure (Talgsäure), $C_{18}H_{36}O_2$ von Chevreul entdeckt, schmilzt bei 69,2° C. und zeigt hierbei dasselbe physikalische Verhalten bezüglich der Volumenänderung wie die Palmitinsäure. Beim Erkalten erstarrt sie zu weissen, glänzenden, sich schlüpfrig anfühlenden Nadeln.

Die Margarinsäure $C_{17}H_{34}O_2$ lässt sich künstlich darstellen durch Kochen von Cetylcyanid mit Kalilauge. Sie ist der Palmitinsäure sehr ähnlich und schmilzt bei 59,9°. Von jener Substanz, welche man aus den natürlichen Fetten bei der Verseifung als Margarinsäure isolirte, wies Heintz nach, dass dieselbe aus einem bei 60° schmelzenden Gemisch von 10 pCt. Stearinsäure und 90 pCt. Palmitinsäure besteht. Ueberhaupt beeinflusst das Mischungsverhältniss, wie Heintz zeigte, den Schmelzpunkt ausserordentlich, wie sich aus nachstehender Zusammenstellung ergiebt:

Schmelzpunkt	Stearinsäure	und	Palmitinsäure
67,2	90 pCt.		10 pCt.
65,3	80 »		20 »
62,9	70 »		30 »
60,1	10 »		90 »
57,5	20 »		80 »
56,6	50 »		50 »
56,3	40 »		60 »
55,1	30 »		70 »

Bei vorsichtig geleiteter Oxydation eines Stearin- und Palmitinsäuregemisches mittelst Kaliumpermanganat oder HNO_3 entsteht nach Carette Bernsteinsäure, normale Propylendicarbonsäure [Glutarsäure $CH_2(COOH) - CH_2 - (COOH)$] und Adipinsäure:

$$\begin{array}{l} CH_2 - CH_2 - COOH \\ | \\ CH_2 - CH_2 - COOH \end{array}$$

Die Oelsäure, $C_{18}H_{34}O_2$, farb-, geschmack- und geruchlos, in Wasser nicht gänzlich unlöslich, erstarrt schon bei + 4° zu einer krystallinischen Masse, welche bei + 14° C. schmilzt. Ihre Verbindungen mit Schwermetallen lösen sich in Alkohol und Aether (Unterschied von der Stearin- und Palmitinsäure). Reine, flüssige Oelsäure röthet Lacmus nicht, auch nicht in alkoholischer Lösung. Beim Stehen an der Luft oxydirt sie sich rasch, wird gelb, riecht ranzig und reagirt dann sauer. Schmelzen mit Kalihydrat bewirkt Spaltung in Palmitinsäure und Essigsäure, Oxydation mit conc. Salpetersäure giebt zur Entstehung sämmtlicher niederer Fettsäuren Veranlassung, von der Caprinsäure bis zur Essigsäure; unter Einwirkung von verdünnter Salpetersäure bilden sich auch zweibasische Säuren (Korksäure z. B.). Salpetrige Säure wandelt reine Oelsäure (oxydirte nicht) in die isomere, sauer reagirende Elaidinsäure um, welche bei 44—45° C. schmilzt. Bei 60° absorbirt dieselbe Sauerstoff und erstarrt dann nicht wieder. Oxydation mit Kaliumpermanganat in alkalischer Lösung führt die Oelsäure in Dioxystearinsäure, die Leinölsäure in Tetraoxystearinsäure über, eine Reaction, durch welche es wahrscheinlich gemacht wird, dass im Kohlestoffkern der Leinölsäure nicht, wie man früher annahm, 16, sondern 18 C-Atome vorhanden sind (Dieff und Reformatzky).

Norton und Richardson erhielten jedoch bei der Reduction der Leinölsäure mittelst HJ nicht Stearinsäure, sondern eine constant bei 83° schmelzende Säure von

der Formel $C_{18} H_{36} O_3$. Ferner wurde durch Destillation unter einem Druck von 89 *mm* Hg und 290° ein farbloses Product von der Zusammensetzung $C_{20} H_{36} O_2$ gewonnen, welches $^3/_4$ der vorgelegten Leinölsäure ausmachte. Durch diese Beobachtung wird die Vermuthung von Friedreich und Hazura, dass Leinölsäure lediglich ein Gemenge von Säuren sei, unterstützt.

Procentgehalt an Fettsäuren. In Spuren bis zu 1 pCt. sind die Fettsäuren in allen Fetten, reichlicher in den ranzigen Fetten vertreten; nur das Leberfett enthält selbst im frischen Zustande bis 10 pCt. an freien Fettsäuren (J. Munk), noch mehr der Leberthran, das Leberfett der Gadus-Arten (F. Hofmann). In frischem Pflanzenfette kommen nur wenig freie Fettsäuren vor, um so reichlicher, je länger sie stehen; in altem Rüböl bis zu 3,5 pCt., in Rapsöl bis 6 pCt.

Nährwerth. Im Verdauungsschlauch werden auch aus den Neutralfetten grosse Quantitäten von Fettsäuren abgespalten, so dass nach Verfütterung von Neutralfett an Carnivoren im Dünndarminhalt derselben mindestens $^1/_8$ der Fettmassen als freie Fettsäure sich erweist. Die präformirten und die im Darm gebildeten Fettsäuren kommen dem Organismus in gleicher Weise zu Statten, als die ihnen chemisch äquivalenten neutralen Fettmengen, indem sie genau in derselben Weise wie diese den Eiweisszerfall beschränken und wahrscheinlich auch den Fettverlust des Körpers zu verhüten vermögen. Sie sind ferner auch insofern als Nährstoffe den Fetten gleichwerthig, als sie im Körper auf synthetischem Wege zu Neutralfetten umgebildet und als solche angesetzt werden können (J. Munk). Freie feste Fettsäuren (Stearinsäure etc.) entstehen im Darm auch aus den in allen pflanzlichen und thierischen Geweben spärlich, im Gehirn und Eidotter reichlicher vorhandenen Lecithinen neben Cholin und Glycerinphosphorsäure.

Neutralsalze niederer Fettsäuren und Oxyfettsäuren (Ameisensäure, Essigsäure, Milchsäure, Glycerinsäure, Aepfelsäure, Weinsäure, Citronensäure etc.) unterliegen, je nach der Art der vorhandenen Spaltpilze im Darm, verschiedenen Gährungsprocessen.

Kohlehydrate.

Unter Kohlehydraten versteht man eine Reihe von festen C-Verbindungen von der allgemeinen Formel $C_x H_{2n} O_n$, in welchen das Verhältniss von Wasserstoff zu Sauerstoff sich ebenso stellt wie im Wasser, deren Verbreitung namentlich in der Pflanzenwelt eine grosse ist.

Die meisten von ihnen sind als Derivate der sechswerthigen Alkohole $C_6 H_8 (OH)_6$ aufzufassen, von indifferentem (weder saurem noch basischem) Character, geruchlos, meist süss schmeckend. Fast alle im Wasser löslichen Kohlehydrate zeigen optische Activität und ist das specifische Drehungsvermögen $[\alpha] = \pm \frac{100\ \alpha}{p\ l\ d}$ (α beobachteter Winkel, p Procentgehalt der Lösung, d spec. Gew. der Lösung, l Länge der Schicht in Decimetern) für die meisten eine constante Grösse. Umgekehrt kann aus dem bekannten Drehungsvermögen einer Zuckerart ihr procentischer Gehalt in einer Lösung bestimmt werden (Saccharimetrie). Viele von ihnen besitzen die Fähigkeit, sich mit Basen wie CaO, BaO, PbO, zu Verbindungen zu vereinigen, welche den Alkoholaten entsprechen. Auch mit Na Cl und einigen anderen Salzen bilden sie krystallinische Verbindungen. Beim Erhitzen mit organischen Säuren entstehen unter Wasseraustritt vielfach Ester, welche im natürlichen Zustande in vielen Pflanzen vorkommen (Glycoside).

Man unterscheidet 3 Gruppen unter den Kohlehydraten: Monosaccharate (Glycosen) $C_6 H_7 O(OH)_5$, Disaccharate (Rohrzuckergruppe) $C_{12} H_{22} O_{11}$, Polysaccharate (Stärkegruppe) $(C_6 H_{10} O_5)n$.

Unterscheidungsmerkmale. Die Körper der ersten Gruppe werden durch nascirenden Wasserstoff in Alkohole übergeführt, Dextrose und Levulose z. B. in Mannit, Galactose in Dulcit, weshalb man zu der Annahme berechtigt ist, dass die Glycosen Aldehyde sind. Die Aldehydnatur documentirt sich auch in dem Reductionsvermögen ammoniakalischer Ag-Lösung und alkalischer Cu-Lösung gegenüber; die Reduction erfolgt meist ohne die Nothwendigkeit des Anwärmens der Lösungen. — Die Substanzen der zweiten Gruppe bilden die wahren Zuckerarten und sind als Anhydride der Glycosen zu betrachten. Es findet dies dadurch seine Bestätigung, dass sie beim Erhitzen mit verdünnten Säuren oder durch Einwirkung von »invertirenden« Fermenten unter H_2O-Aufnahme in Glycosen zerfallen. Einige dieser Zuckerarten z. B. Milchzucker, Maltose, reduciren Fehling'sche Lösung, letztere ebenfalls ohne Anwärmen. — Die zur Stärkegruppe gehörigen Körper zerfallen beim Kochen mit verdünnten Säuren oder unter Vermittelung »diastatischer« Fermente in Glycosen oder in Glycose und ein Disaccharat.

Zersetzungsproducte. Durch längeres Kochen mit Mineralsäuren (verd. H_2SO_4) entsteht aus sämmtlichen, den Kohlehydraten angehörigen Substanzen Levulinsäure $C_5H_8O_3$ (β-Acetopropionsäure), so dass der Eintritt dieser Reaction als Kriterium für die Zugehörigkeit zu den Kohlehydraten betrachtet werden kann; beim Schmelzen mit Kali- oder Natronhydrat geben alle Oxalsäure. — Durch Oxydation mit Salpetersäure werden aus verschiedenen Kohlehydraten verschiedene Zersetzungsproducte gebildet. So entsteht Zuckersäure $C_6H_{10}O_8 = COOH—(CHOH)_4—COOH$ aus Glycosen, Rohrzucker, Stärkemehl, Glycogen und Cellulose. Die sog. Pectinsubstanzen, ebenso Dulcit, Galactose, Milchzucker und Galactan liefern Schleimsäure (eine mit Zuckersäure isomere Substanz, welche bei Reduction mit HJ Adipinsäure liefert), pflanzliches und thierisches Gummi dagegen meist direct Oxalsäure, Zuckersäure jedoch bei Oxydation mit Brom. Bei Hydrirung der Gummiarten bildet sich Arabinose resp. Galactose.

Gährungsvermögen. Als eine Eigenthümlichkeit einer grossen Anzahl von Kohlehydraten muss die Fähigkeit bezeichnet werden, unter fermentativer Einwirkung von Mikroorganismen in einfachere Verbindungen zu zerfallen, Vorgänge, welche als Gährungen bezeichnet werden, unter denen man eine alkoholische, eine Essigsäure-, Milchsäure-, Buttersäure-, schleimige oder Mannit- und Dextran-Gährung unterscheidet. Sämmtliche Kohlehydrate liefern unter Einwirkung von Fäulnissfermenten (Flussschlamm) Milchsäure, welche dann weiter in CO_2, H_2 und Fettsäuren (Essigsäure, Buttersäure, Capronsäure etc.) zerfällt. Nur die Cellulose macht hiervon insofern eine Ausnahme, als H_2 nicht auftritt (Hoppe-Seyler).

I. Monosaccharate: $C_6H_{12}O_6$.

Die Constitution der zur Traubenzuckergruppe gehörigen Verbindungen ist theilweise erst in neuerer Zeit genauer erforscht. Ihres Verhaltens zu den 6-atomigen Alkoholen wegen, in welche sie durch H-Einwirkung übergehen, können sie meist als Aldehydalkohole (Baeyer, Fittig) aufgefasst werden.

Eigenthümlicherweise zeigen die Glycosen mit Fuchsin und SO_2 keine Aldehydreaction (durch SO_2 entfärbte Fuchsinlösung wird sonst durch Aldehyde intensiv violettroth gefärbt). Mit Phenylhydrazin entstehen Phenylglucosazone, bei Erhitzen ohne Zusatz zunächst anhydridartige, dann caramelartige Verbindungen, schliesslich verkohlen sie. In den meisten Fällen vermögen die Glycosen direct zu vergähren. Mit Hefe (ausser Arabinose, Inosit, Quercin und Sorbin) gehen sie ohne weiteres Alkoholgährung ein, ebenso mit entsprechenden anderen Fermenten Milch- und

Buttersäure- resp. schleimige Gährung. Versuche, die Synthese zu bewerkstelligen, haben bisher noch keine brauchbaren Resultate ergeben.

1. Dextrose (Traubenzucker), Stärkezucker $C_6 H_{12} O_6 + H_2O$. Der käufliche Traubenzucker bildet eine weisse, undeutlich krystallinische, compacte Masse. In Wasser leicht löslich, zeigt derselbe Birotation, d. h. eine frisch bereitete Lösung lenkt beinahe doppelt so stark die Polarisationsebene ab, als nach einiger Zeit; die Ablenkung wird bei gewöhnlicher Temperatur erst nach 24 Stunden, durch Kochen in wenigen Minuten constant. Einen grösseren Einfluss auf die spec. Drehung übt auch die Concentration aus Das specifische Drehungsvermögen beträgt bei + 20° auf wasserfreie Substanz bezogen, für gelbes Licht + 58,7°. In Schwefelsäure löst sich Dextrose ohne Schwärzung auf, durch Zusatz concentrirter Alkalien zu dem Gemisch oder Erhitzen mit Alkalien tritt Bräunung ein. Cu und Fe-Oxydsalze werden zu Oxydulsalzen reducirt. Alkohol schlägt bei Anwesenheit von Kalk in einer Dextroselösung die Verbindung $C_6 H_{12} O_6 \cdot CaO$ in weissen Flocken nieder. Aus menschlichem, von Diabetikern herrührendem Harn scheidet sich zuweilen beim Verdunsten desselben die Verbindung $C_6 H_{12} O_6 \cdot NaCl + H_2O$ krystallinisch aus. Kochen einer 15—20 pCt. Dextrose- (oder auch Lävulose-)Lösung mit gelöschtem Kalk veranlasst die Bildung eines nicht gährungsfähigen, schwach bitter schmeckenden und nicht reducirenden Zuckers, für welchen Péligot die Bezeichnung Saccharin*) wählte. Nach Scheibler kommt diesem Körper die Formel $C_6 H_{10} O_5$ zu und ist derselbe als das Anhydrid der Saccharinsäure aufzufassen, deren Molecularformel mit jener der Glycosen übereinstimmt ($C_6 H_{12} O_6$). Das Lacton (intramoleculares Anhydrid) der Saccharinsäure, welches durch Einwirkung von JH gebildet wird, stellt ein neutral reagirendes Oel von hohem Siedepunkt (203°) dar. Oxydation mittelst Chlorwasser und Silberoxyd führt zur Bildung von Gluconsäure $C_6 H_{12} O_7 = CH_2(OH) - (CH\,OH)_4 - COOH$, ein Körper, welcher auch bei Gährung mit Mycoderma aceti auftritt (Boutroux).

Beim Erhitzen mit Essigsäureanhydrid entsteht die Di- und Triacetylverbindung des Traubenzuckers. Da ferner ein Tetraacetylchlorhydrin bekannt ist (durch Erhitzen mit Acetylchlorid zu erhalten), ausserdem mit HCN Cyanhydrine gebildet werden, welche durch Verseifung in Carbonsäuren $C_6 H_{13} O_6 (COOH)$ übergehen, so ist man berechtigt, im Verein mit Untersuchung der Reductionsproducte der Carbonsäuren für Dextrose die Constitutionsformel anzunehmen: $CH_2(OH) - (CH \cdot OH)_4 - CHO$ und auf Grund entsprechender Reactionen für

2. Levulose (Fruchtzucker, Schleimzucker) die Formel $CH_2(OH) - CO - (CH \cdot OH)_3 - CH_2(OH)$. Diese Zuckerart findet sich in dem Saft der meisten süssen Früchte und im Honig neben Dextrose, wie es scheint, stets in gleicher Menge. Vermuthlich entsteht in den Pflanzen zuerst Rohrzucker, der durch ein Ferment sogleich in Dextrose und Levulose gespalten wird, welche Spaltung »Inversion« auch künstlich durch das invertirende Ferment der Hefe oder durch Kochen mit Säuren hervorgerufen werden kann. Inulin mit verdünnten Säuren gekocht ergiebt gleichfalls Levulose.

Die Levulose bildet einen dicken Syrup, der bei 100° zu einer gummiartigen zerfliesslichen Masse eintrocknet. Heiss übersättigte Lösungen in absolutem Alkohol scheiden kugelig gruppirte, lange (bis 0,01 *m*), farblose Nadeln aus, eine gewöhnliche alkoholische Lösung harte, wenig hygroskopische Krystalle (Hönig und Schubert). Beim Erhitzen über 100° verliert Levulose Wasser und geht in Levulosan $C_6 H_{10} O_5$

---

*) Nicht identisch mit dem Saccharin Fahlberg's, welches der Benzolreihe angehört und als das Imid der Benzolsulfoorthocarbonsäure $C_6 H_4 \langle {CO \atop SO_2} \rangle NH$ aufzufassen ist.

über, eine amorphe Masse, welche beim Kochen mit Wasser Levulose regenerirt. Das spec. Drehungsvermögen beträgt bei 14° gegen — 104°. Ein Gemisch gleicher Mengen Dextrose und Levulose dreht immer links.

Zu alkoholischer Gährung disponirt Levulose weniger gut als Dextrose, da sie langsamer der Einwirkung des Alkohol-Fermentes unterliegt. Bei der Umsetzung mit Chlor und Silberoxyd bildet sich nicht Gluconsäure sondern Glycolsäure $CH_2(OH) - COOH$. — Die optisch inactive Mannitose (Gorup-Besanez), welche nach der Beobachtung von Dafert ein Gemenge von Levulose mit anderen reducirenden Producten ist, lässt sich aus Mannit*) durch vorsichtige Oxydation mittelst Salpetersäure erhalten. E. Fischer und Hirschberger isolirten aus diesen Oxydationsproducten eine neue Zuckerart: die Mannose. Dieselbe dreht viel schwächer als die Dextrose, ist aber im Uebrigen der Dextrose so nahe verwandt, dass sie wohl damit verwechselt werden kann. Characteristisch für Mannose ist der nahezu farblose, krystallinische Niederschlag, welcher mit Phenylhydrazin in essigsaurer Lösung entsteht; alle übrigen bekannten Zuckerarten liefern Hydrazone, deren Löslichkeit in Wasser grösser ist, als gerade das Phenylhydrazon der Mannose. Vermuthliche Constitution: $CH_2(OH) - CH \cdot OH - CO - (CH \cdot OH)_2 - CH_2(OH)$.

3. Galactose $C_6H_{12}O_6$ tritt als das Product einer fermentativen Spaltung, des Milchzuckers und der Raffinose auf. Sie krystallisirt in zu Warzen gruppirten feinen Nadeln und ist in Wasser schwerer löslich als Dextrose, in Alkohol fast gar nicht. Die Lösungen drehen rechts, stärker als die der Dextrose $[\alpha]_D = +79{,}75°$ (Meissl), + 80,8 (Fudakowski), reduciren alkalische Cu-Lösung leicht und gähren mit Hefe bei Gegenwart von Nährlösung (filtrirte Abkochung von Bierhefe), bilden aber keine Na Cl-Verbindung. Gemässigte Oxydation, durch Cl etc. vermittelt, führt zur Bildung von Galactonsäure $C_6H_{12}O_7$. — Ausser Milchzucker sind noch eine ganze Anzahl Galactose liefernde Substanzen bekannt; näheres hierüber s. bei Gummi.

4 Arabinose entsteht durch Kochen von Arabin oder Arabinsäure mit verdünnter Schwefelsäure und krystallisirt wasserfrei in glänzenden, rhombischen Prismen, die bis 160° schmelzen. Sie schmeckt süss, ist rechtsdrehend, aber nicht gährungsfähig und reducirt Fehling'sche Lösung. Die Arabinose wurde bisher zu der C_6-Reihe gerechnet, muss aber nach den Ermittelungen Kiliani's der homologen Gruppe der Pentanreihe zugezählt werden, womit das bislang vermisste Zwischenglied zwischen Erythrit und Dextrose gefunden ist. Die Formel lautet demnach für Arabinose $C_5H_{10}O_5 = CH_2OH - (CH \cdot OH)_3 - CHO$. Natriumamalgam reducirt die Arabinose zu einem mannitähnlichen, als Arabit bezeichneten Körper, welcher als normales Pentoxypentan $CH_2OH - (CH OH)_3 - CH_2OH$ zu betrachten ist. Oxydation mit Brom ergiebt analog der Bildung von Gluconsäure aus Dextrose die Arabonsäure (Tetraoxylvaleriansäure $C_5H_{10}O_6$) nach der Gleichung: $C_5H_{10}O_5 + H_2O + Br = C_5H_{10}O_6 + 2\,HBr$. Mit HCN vereinigt sich die Arabinose ebenfalls zu Cyanhydrid, das durch Barytwasser in die nicht reducirende Arabinosecarbonsäure $C_6H_{12}O_7$ und diese durch Oxydation mit verdünnter Salpetersäure in ihr Lacton $C_6H_6O_6 + H_2O$ übergeführt wird. Letzteres ist als Doppellacton einer neuen, der gewöhnlichen Zuckersäure und der Schleimsäure isomeren Zuckersäure aufzufassen, welche Kiliani Metazuckersäure nennt und stark reducirende Eigenschaften besitzt. Arabinosecarbonsäure, Galactonsäure und Gluconsäure besitzen gleiche Molecularformeln, sie unterscheiden sich aber in ihren entsprechenden weiteren Oxydationsproducten, als welche die Meta-

*) Mannit passirt den Organismus zum Theil unverändert. Bei Anwesenheit von Buttersäuregährungsferment (Bacillus butyricus, Prasmowski) tritt Spaltung ein und zwar entstehen: Buttersäure (35,4 pCt.), Butylalkohol (10,2 pCt.), Milchsäure (0,4 pCt.) neben gasförmigen Producten (Fitz).

zuckersäure, die Schleimsäure und die gewöhnliche Zuckersäure aufzufassen sind. Diese Verhältnisse sind nicht unwichtig, da durch die Arbeiten verschiedener Autoren auf einen inneren Zusammenhang zwischen Arabinose und Galactose und somit zwischen Pflanzenkost und Entstehung des Milchzuckers im Thierkörper aus den Muttersubstanzen der Galactose hingewiesen wird. Thatsächlich kommen z. B. im Pflanzengummi Substanzen nebeneinander vor, welche Arabinose und Galactose liefern (Claësson).

5. Inosit $C_6 H_{12} O_6 + 2 H_2 O$ Phaseomannit findet sich in verschiedenen Pflanzen, besonders in unreifen Bohnen, im Traubensaft und Wein, in Nussblättern, aber auch im thierischen Organismus und zwar im Herzmuskel, der Leber, Milz und anderen parenchymatösen Organen und im Harn. Er krystallisirt in grossen rhombischen Tafeln oder Prismen, die an der Luft verwittern und schmilzt ohne Bräunung bei 217°, nachdem er bei 110° sein Krystallwasser abgegeben hat. In wässeriger Lösung bewirkt Alkohol Fällung. Durch Kochen mit verdünnten Säuren wird er nicht verändert, insbesondere wird Levulinsäure hierbei nicht gebildet; er ist optisch inactiv, gährt nicht mit Hefe, soll aber Milchsäuregährung eingehen. Reductionsvermögen ist auch nicht vorhanden, so dass seine hervorragendsten Eigenschaften in dem Fehlen aller für Glycosen characteristischen Merkmale bestehen. Maquenne hält denselben für einen dem Mannit nahestehenden, vom Hexamethylen derivirenden, sechsatomigen Alkohol. Nach Berthelot und Recoura liefert Inosit (und Quercit) unter Wasseraustritt Chinonderivate. Ob das Inosit zu den Nährstoffen gerechnet werden kann, erscheint zweifelhaft, obwohl bei Verfütterung nur ein geringer Bruchtheil im Harn unverändert wiedererscheint (Külz). Characteristisch ist folgende Reaction: Verdampft man Inosit mit Salpetersäure bis fast zur Trockenheit, fügt ammoniakalische Chlorcalciumlösung hinzu und verdampft aufs neue vorsichtig, so färbt sich die Lösung lebhaft rosenroth (Scherer). Der in den Nieren und anderen Organen des Rochen und Haifisches gefundene Scyllit ist dem Inosit ähnlich, giebt aber die Scherer'sche Reaction nicht.

6. Eucalyn wird durch Spaltung der Melitose erhalten und bildet einen dicken, nicht krystallisirenden Syrup. Es dreht rechts, reducirt nicht und ist auch nicht gährungsfähig.

7. Quercin. Von C. Vincent und Delachanal aus der bei Darstellung von Quercit (aus Eicheln) restirenden Mutterlauge dargestellt. Mit Bierhefe vergährt Quercin nicht, ebenso wenig wird es Fehling'sche Lösung; mit Phenylhydrazin giebt es keine Verbindung, wohl aber, wie Inosit, die Scherer'sche Reaction. Ebenso wie dieses liefert es mit Essigsäureanhydrid, bei 130° digerirt, ein Hexaacetylproduct $C_6 H_6 (C_2 H_3 O_2)_6$.

Einige andere bekannte Glycosen Sorbin in Sorbus aucuparia und Dambose, aus Dambonit künstlich darstellbar, sind als Nährstoffe ohne Belang. Dambose hat sich übrigens mit dem Inosit als identisch erwiesen (Maquenne).

II. Disaccharate: $C_{12} H_{22} O_{11}$.

Die Verbindungen der Rohrzuckergruppe krystallisiren leichter und sind beständiger als die Glycosen. Als ätherartige Anhydride der letzteren enthalten sie, mit Ausnahme der Raffinose, $10 - 2 = 8$ (OH)-Gruppen, d. h. sie sind achtwerthige Alkohole.

Abgesehen von der Möglichkeit, durch Hydrirung eine Zerlegung in die einzelnen Glycosen herbeizuführen, ist es umgekehrt gelungen, einige wenigstens aus den Glycosen synthetisch darzustellen. Durch Behandlung eines Gemisches von Dextrose und Levulose z. B. mit Essigsäureanhydrid bei höherer Temperatur (160°) entsteht Octacetylester $(C_{12} H_{14} O_3 (O \cdot C_2 H_3 O)_8$, welcher durch vorsichtige Verseifung mit

Barytwasser Rohrzucker liefert. Dasselbe Verfahren gestattet, aus Dextrose und Galactose Milchzucker herzustellen; ein Vorgang, der innerhalb der Milchdrüse vielleicht in analoger Weise sich abspielt. Durch Oxydation entstehen dieselben Producte wie aus den zu Grunde liegenden Glycosen. Mit Phenylhydrazin bilden die reducirenden Zucker Verbindungen wie Phenyllactosazon etc.

1. Saccharose $C_{12}H_{22}O_{11}$ (Rohrzucker). Kommt in der Runkelrübe (Beta), im Zuckerrohr (Saccharum), in der Zuckerhirse (Sorghum), in neuen Kartoffeln und vielen anderen Pflanzen vor, zumal in deren Stamm und Blüthenstaub, in letzterem bis zu 11 und 14 pCt. (E. Schulze). Löst sich in $^1/_3$ Theilen Wasser und krystallisirt beim langsamen Verdunsten in grossen, monoklinen Prismen (Kandiszucker). Die wässerige Lösung lenkt nach rechts ab. Der Einfluss der Concentration auf die spec. Drehung ist gering; letztere nimmt (umgekehrt wie bei Dextrose) mit der Concentration ab. Für wasserfreien Zucker ist bei 20° $[\alpha]_D = 64{,}1°$. Schmilzt bei 160° und bleibt nach dem Erstarren einige Zeit amorph (Gerstenzucker). Bei stärkerem Erhitzen bräunt er sich unter Bildung von Caramel (Zuckercouleur) und verkohlt schliesslich. Concentrirte H_2SO_4 verkohlt gleichfalls (Unterschied von Dextrose). Beim Erhitzen mit KOH findet keine Bräunung statt. Für die Gewinnung der Zuckerreste aus den Rübenzuckermutterlaugen (Melasse) sind neben den Ca-Verbindungen des Rohrzuckers (mit 1,2 resp. 3 Ca O) die entsprechenden Strontiansaccharate wichtig.

2. Lactose (Milchzucher) $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$ konnte bisher nur in der Milch der Säugethiere und in der Amniosflüssigkeit der Kühe gefunden werden. Die harten, durchscheinenden, rhombischen Krystalle lösen sich in 6 Theilen kalten, in $2^1/_2$ Theilen heissen Wassers, in Alkohol nicht. Er dreht rechts, zeigt Birotation und reducirt alkalische Ag-Lösung in der Kälte, Cu-Lösung nach einiger Zeit, sofort beim Kochen. Bei 130° verliert der Milchzucker sein Krystallwasser, geht bei 186° in »Lactocaramel« ($C_{12}H_{20}O_{10}$) über, schmilzt bei 205°. Erhitzen mit verdünnten Säuren führt unter Aufnahme von H_2O zur Bildung der schon erwähnten Galactose und Dextrose; dieselbe Umwandlung erleidet das Milchzuckermolecül wahrscheinlich zunächst auch durch Hefe, obwohl schwieriger als Rohrzucker und vergährt dann weiter zu Alkohol und CO_2 In Berührung mit Milchsäureferment geht der Milchzucker leicht in Milchsäure über. Concentrirte Schwefelsäure bewirkt Zersetzung unter Abscheidung von Kohle. Oxydation mit Brom und Silberoxyd führt ebenso wie bei Galactose zur Bildung von Galactonsäure. Nach Injection in die Venen tritt fast die gesammte Menge der angewendeten Substanz im Harn wieder auf. Im Darm findet eine Inversion des Milchzuckers statt. Galactose, in das Blut gebracht, unterliegt zum grössten Theil der Umsetzung im Organismus, ein kleiner Theil erscheint im Harn in Gestalt eines nicht direct gährungsfähigen Zuckers. Dastre schliesst hieraus auf eine partielle Synthese zu Milchzucker. Zur Gewinnung des Milchzuckers werden die in Käsereien als Nebenproduct erhaltenen süssen Molken benutzt. Beim Abdampfen derselben krystallisirt Milchzucker aus; man reinigt ihn durch wiederholtes Umkrystallisiren unter Zusatz von Thierkohle und durch Ausfällen der wässerigen Lösung mittelst Alkohol.

3. Maltose (Malzzucker) $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$. Während man früher annahm, dass bei der Einwirkung von Malzdiastase auf Stärke (beim Branntwein- und Biermaischen) letztere in Dextrin und Traubenzucker zerfällt, ist durch Dubrunfant nachgewiesen, dass hierbei neben Dextrin sich Maltose abspaltet. Glycogen liefert gleichfalls Maltose (Külz). Sie bildet eine harte, weisse, dem Traubenzucker ähnliche, aus feinen Nadeln bestehende Krystallmasse. Das Drehungsvermögen übertrifft das der Dextrose jedoch bedeutend ($[\alpha]_D = + 149{,}5°$), das Reductionsvermögen, Fehling'scher Lösung gegenüber, beträgt aber nur $^2/_3$ von dem des Traubenzuckers. Durch länger fortgesetztes Erhitzen mit verdünnter Schwefelsäure geht Maltose in Dextrose

über; denselben Einfluss übt auch Bierhefe aus. Nach Injection ins Blut erscheint im Harn nur $^1/_4$—$^1/_5$ unverändert.

4. Melitose $C_{12}H_{22}O_{11} + 3H_2O$. Findet sich in den Runkelrüben, ferner in der australischen Manna (von Eucalyptus viminalis). Hochpolarisirende (rechtsdrehende), in feinen Nadeln krystallisirende Zuckerart. Sie ist dem Rohrzucker sehr ähnlich, aber fast geschmacklos und reducirt Fehling'sche Lösung nicht. Beim Erhitzen mit verdünnter Schwefelsäure und durch Hefe zerfällt sie in Dextrose und Eucalyn. Die aus Rest-Melasse und Baumwollsamenkuchen zu gewinnende Raffinose ähnelt in physikalischer Hinsicht der Melitose, unterscheidet sich aber durch die Molecularformel: $C_{18}H_{32}O_{16} + 5H_2O$ (Scheibler, de Vries) und liefert nach Tollens und Haedicke durch Hydrolyse Galactose und Levulose.

Eine sehr untergeordnete Bedeutung als Nährstoffe besitzen Melicitose (Lärchenzucker, aus dem Saft von Pinus Larix, Manna von Briançon), Mykose (im Mutterkorn), auch Trehalose genannt wegen ihres Vorkommens in der orientalischen Manna Trehala und Triticin (Queckenzucker aus Triticum repens), nach v. Reidemeister isomer mit Saccharose.

III. Polysaccharate $(C_6H_{10}O_5)n$.

Die Bezeichnung Polysaccharate ist insofern gerechtfertigt, als die Molecularformel der Glieder dieser Reihe stets ein vielfaches der einfachen Analysenformel $C_6H_{10}O_5$ darstellt. Zumeist erscheinen die hierher gehörigen Substanzen in amorpher Form, sind geschmacklos, in Aether und Alkohol unlöslich, in Wasser theils unlöslich, theils quellbar, theils bilden sie Micellarlösungen.

Unter »Micellen« versteht Nägeli krystallinische Molecülgruppen, welche im imbibirten Zustande durch je eine Wasserschicht getrennt sind. In analoger Weise, wie krystalloide Substanzen sich im Wasser in die einzelnen Molecüle auflösen, zerfallen diese Substanzen zunächst in Micelle, deren Auflösung in Molecüle ohne durchgreifende chemische Umsetzung nicht stattzufinden scheint. Bis zum Eintritt dieses Vorganges findet eine Umwandlung in verschiedene durch Jod z. B. characteristisch färbbare Modificationen statt, vermuthlich durch Zerfall der grösseren Micelle in kleinere. Wegen ihres beträchtlicheren Gewichts zeigen die Micelle in Lösungen auch bei höheren Temperaturen eine geringere Beweglichkeit als die Molecüle und legen sich beim Erkalten leicht gegenseitig zu Micellarverbänden aneinander an, indem sie sich verketten und das Wasser hierbei in den Maschen des entstandenen Gerüstwerkes durch Molecularattraction festhalten (Gelatiniren). — Sämmtliche Polysaccharate weisen Alkoholcharacter auf, da sie z. B. Essigsäure-, Salpetersäureester etc zu bilden vermögen.

1. Amylum (Stärke) $(C_6H_{10}O_5)_6 + H_2O$ (R. Sachsse) findet sich in allen assimilirenden Pflanzen, in deren Chlorophyllkörnern es sich durch Reduction der aufgenommenen Kohlensäure bildet. Besonders reichlich aufgespeichert kommt es in den Nahrungsreservoiren der Pflanze vor (Körnerfrüchten, perennirenden Wurzeln, Knollen etc.) in Form meist kugeliger oder ellipsoider, seltener an Krystalle erinnernder Körper (Hirsestärke), die eine characteristische Structur aufweisen. Die Grösse der Körner wechselt bei den verschiedenen Pflanzen von 0,004—0,185 *mm.* Lufttrockene Stärke enthält 10—20 pCt. Wasser, von welchem auch nach Trocknen über Schwefelsäure noch ein Molecül zurückgehalten wird, um erst bei 100° zu entweichen. In kaltem Wasser und Alkohol löst sich die Stärke nicht; durch Erhitzen mit Wasser auf 50—70° quillt dieselbe; die einzelnen Körner platzen, und es entsteht schliesslich eine filtrirbare, rechtsdrehende Micellarlösung, der Stärkekleister. Der filtrir-

bare Theil des Inhalts des Stärkekleisters wird als Granulose bezeichnet, der Rest enthält das Gerüstwerk der Stärkekörner, die Stärkecellulose (Amylose Bourquelot's). Bei längerem Kochen mit Wasser, mit Glycerin oder verdünnter Schwefelsäure geht Amylum in eine in Wasser lösliche Stärke (Amydulin, Nasse) über, welche durch Alkohol als weisses Pulver gefällt wird. Durch fortgesetztes Kochen mit verdünnten Säuren entsteht Dextrin (auch durch Erhitzen der trockenen oder mit 2 pCt. Salpetersäure angefeuchteten Stärke auf 110—200°) und schliesslich Traubenzucker. Diastatische Fermente spalten die Granulose der Stärke in Dextrin und Maltose, während Amylose ungelöst bleibt; bei nicht zu anhaltender Einwirkung bildet sich ausschliesslich Maltose, aus welcher nach 24—48 stündiger Behandlung mit Malz- oder Speichel-Diastase Traubenzucker hervorgehen kann (Musculus und Gruber, v. Mering). Characteristisch für Stärke, sowohl für die gelöste als die in Körnern, ist ihre Blaufärbung durch Jod, nur die Granulose der Weizenstärke färbt sich violett (Erythrogranulose); die Färbung verschwindet beim Erhitzen und erscheint nach Abkühlung wieder. Stärkecellulose giebt mit Jod Gelbfärbung. Concentrirte Schwefelsäure löst Stärke zu einer Schwefelsäure-Verbindung, welche mit Basen Salze bildet. Beim Erhitzen mit Essigsäure entsteht die Triacetylverbindung $C_6 H_7 O_2 (O \cdot C_2 H_3 O)_3$, eine amorphe Masse, welche mit Alkalien wieder Stärke regenerirt. Concentrirte Salpetersäure wirkt nicht wie verdünnte oxydirend, sondern nitrirend. Die entstehende explosive Nitroverbindung wird durch Wasser gefällt und als Xyloidin $C_6 H_9 (NO_2) O_5$ bezeichnet.

2. Inulin, eine in den Knollen der Dahlien und vieler anderen Compositen enthaltene Stärkeart, lässt sich durch Extraction mit heissem Wasser und Ausfrieren der Lösung daraus gewinnen. Jod färbt es gelb; quillt in kaltem Wasser und bildet in heissem eine klare, nicht klebende Masse, welche die Polarisationsebene nach links dreht. Diese links drehende Substanz wird noch leichter durch Kochen mit verdünnten Säuren erhalten und hat sich als Levulose erwiesen; als Zwischenproduct entsteht das dem Dextrin entsprechende Levulin, von diesem dadurch unterschieden, dass es sich gegen polarisirtes Licht indifferent verhält. Höchst wahrscheinlich bewirken die Verdauungsfermente dieselbe Umwandlung (Romanos). Der Inulingehalt der Topinamburknollen (von Helianthus tuberosus) nimmt bei der Keimung ab, und an dessen Stelle finden sich alsdann grössere Mengen von Levulin und einer Zuckerart, welche nach Dieck und Tollens rechts dreht. Bei der Gährung mit Hefe liefert der Topinambursaft reichliche Mengen von Alkohol. Gemässigte Oxydation mit Brom und Silberoxyd giebt (neben Oxalsäure und Bromoform) nur Glycolsäure, ebenso verdünnte Salpetersäure (neben Ameisensäure, Oxalsäure, Traubensäure). Nach Kiliani ist Natriumamalgam auf Inulin ohne Einfluss. Mit Barythydrat auf 150° erhitzt, liefert es viel Gährungsmilchsäure. In den Knollen von Phleum und dem Rhizom der Baldingera ermittelten Eckstrand und Johannson ein in Lösungen linksdrehendes, Inulin-ähnliches Kohlehydrat, welches von ihnen Phleïn genannt wird; ein analoges in Trisetum, Agrostis, Calamagrostis, Festuca, Avena etc. vorkommendes Kohlehydrat erhielt die Bezeichnung Graminin. Beide bilden sphärische, doppelt brechende Krystalle; die des Phleïn bleiben nach Wasserzusatz längere Zeit unverändert (13 pCt. löslich), während die Gramininkrystalle sofort verschwinden (23 pCt. in Wasser von Zimmertemperatur löslich).

3. Glycogen (Leberstärke, thierische Stärke) findet sich vorzugsweise in der Leber der Säugethiere und in den Muskeln der gesammten Thierwelt, ja als nie fehlender Bestandtheil in jeder wachsenden Zelle (Barfurth). Das Glycogen als ausschliesslich thierischen Bestandtheil zu betrachten, liegt keine Berechtigung mehr vor, da es auch in pflanzlichen Organismen (Pilzen) aufgefunden wurde. Zur Darstellung aus den womöglich lebenswarmen, gut zerkleinerten Organen werden dieselben mit Wasser gekocht, nach dem Erkalten das Eiweiss mit Salzsäure und Jod-

quecksilberkalium vollständig ausgefällt und aus dem Filtrat das Glycogen durch Alkohol abgeschieden. Durch Waschen mit Aether gereinigt, stellt es ein weisses, amorphes, geschmack- und geruchloses Pulver dar, welches in Wasser quillt und beim Erwärmen sich zu einer opalisirenden, stark rechts drehenden ($[\alpha]D = 227^\circ$ Böhm) Flüssigkeit löst. Jod färbt es weinroth. Beim Kochen mit Kupferoxydhydrat löst es sich, ohne das Kupferoxyd zu reduciren. Durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure oder durch Einwirkung diastatischer Fermente oder auch in längerer Berührung mit Eiweisskörpern wandelt es sich in Achroodextrin und Maltose, schliesslich in Traubenzucker um. Verschiedene von Külz aus der Leber resp den Muskeln von Warm- und Kaltblütern (Hund, Pferd, Kaninchen, Frosch, Austern, Fliegenmaden) dargestellte Präparate ergaben sämmtlich mit der Formel $(C_6 H_{10} O_5)_6 + H_2 O$ übereinstimmende Resultate.

4. Dextrin (Stärkegummi, Leiocom). Unter dieser Bezeichnung versteht man neben Zucker auftretende amorphe Spaltungsproducte der Stärkearten, die in Wasser leicht löslich, die Polarisationsebene rechts drehen ($+ 138^\circ$) und Fehling'sche Lösung auch beim Kochen nicht reduciren, ebensowenig direct mit Hefe vergähren (wohl aber bei Gegenwart von Diastase). Essigsaures Kupferoxyd wird durch Dextrin (auch Maltose) beim Erwärmen nicht reducirt, während Traubenzucker Oxydul bildet (Bartold'sche Reaction). Die Dextrine werden durch Alkohol gefällt und lassen sich durch ihr verschiedenes Verhalten gegen Jod erkennen. Man unterscheidet Amylodextrin (krystallisirbar, nach wochenlanger Behandlung mit Säuren zu erhalten), Erythrodextrin und Achroodextrin. Ersteres färbt sich bei Jodzusatz gelb, das zweite rothgelb, das letztere fast garnicht. Erhitzen der gefärbten Jodverbindungen bringt die Farbe zum Verschwinden (Bildung von Achroodextrin?), nach dem Erkalten kehrt dieselbe wieder. Verdünnte Säuren führen Dextrin leicht in Dextrose über. Von löslicher Stärke unterscheidet sich dasselbe durch seine Löslichkeit in Barytwasser. Im natürlichen Zustande kommt es in den Säftemassen junger Pflanzen vor. Seegen und Kratschmer, ebenso Böhm und Hofmann fanden Dextrin gelegentlich in der Leber; sie beziehen dessen Entstehung auf eine Umwandlung des Glycogen.

5. Pflanzengummi. Zu dieser Gruppe zählen verschiedene, in der Pflanzenwelt sehr verbreitete, amorphe, durchsichtige, geruch- und geschmacklose Substanzen, die mit Wasser meist schon in der Kälte klebende Flüssigkeiten, bei hydrolytischer Behandlung Zucker geben und durch Alkohol, auch durch basisches Bleiacetat fällbar sind. Einige lösen sich in Wasser klar auf, während andere nur aufquellen, sich aber durch Papier nicht filtriren lassen; erstere bezeichnet man als eigentliche Gummiarten, letztere als Pflanzenschleime. Man rechnet zu dem eigentlichen Gummi:

a) Arabin (arabisches Gummi). Es ist dies der eingetrocknete Saft tropischer Acaciaarten, welcher im Wesentlichen aus den Kalk-, Magnesium- und Kalisalzen der Arabinsäure (Gummisäure) (auch in der Zuckerrübe vorkommende Salze, Scheibler) besteht. Jod färbt Arabin nicht. Die wässerige Lösung dreht links und besitzt kein Reductionsvermögen für alkalische Cu-Lösung. Die Arabinsäure erhält man rein durch Zersetzung des Arabin mit verdünnter Säure und Ausfällen mit Alkohol als weisse amorphe Masse, welche bei 100° getrocknet glasartig wird und nach älteren Analysen, die nach den Aufschlüssen Kiliani's über die Constitution der Arabinose einer Nachuntersuchung bedürfen, die Zusammensetzung $(C_6 H_{10} O_5)_2 + H_2 O$ zeigt; bei 130° wird noch 1 Molecül Wasser abgegeben. Durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure wird Gummi resp. Gummisäure in Arabinose und Dextrose übergeführt. Nach Beobachtungen am Hund wird von dem aufgenommenen Gummi (ca. 60 *g* Trockensubstanz p. d.) fast die Hälfte im Darm verwerthet. Wahrscheinlich entstehen unter

Einwirkung des Magen- und Pankreassaftes dieselben Spaltungsproducte wie durch hydrolytische Behandlung.

b) Galactane. Gummiähnliche Substanzen, welche jedoch sämmtlich rechts drehen und bei Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure Galactose liefern. α-Galactan (Galactin, Müntz) $[\alpha]_D = 184,6$ findet sich namentlich in der äusseren Samenhaut der Leguminosen (im Luzernesamen ziemlich reichlich). Speicheldiastase oder Pankreatin wirken nicht saccharificirend, trotzdem wird es resorbirt. β-Galactan (dextrinartiges Kohlehydrat, Steiger) aus den Samen von Lupinus luteus dargestellt $[\alpha]_D = + 148,7°$. Diastase ohne Einfluss. γ-Galactan; v. Lippmann benannte die von Rietschel aus den Rückständen der Rübenzuckerfabrication durch Alkoholfällung isolirte rechts drehende Gummiart in der erwähnten Weise. v. Lippmann fand $[\alpha]_D = + 238°$. Fehling'sche Lösung reducirt es nicht. Bleiessig wirkt nur in concentrirter Gummilösung fällend. Geht bei Inversion mit verd. H_2SO_4 vollständig und ausschliesslich in Galactose über.

Hierher gehören ausserdem das Lactosin (von Meyer aus Silene vulgaris erhalten) $[\alpha]_D = + 211,7°$, ferner das Gummi aus Caragheen und Agar-Agar und das Pfirsichgummi.

c) Dextran, ein von Scheibler in nothreifen Zuckerrüben aufgefundenes gummiähnliches Kohlehydrat, welches rechts dreht. Verdankt seine Entstehung der Anwesenheit eines als Leuconostoc mesenterioides bezeichneten Gährungserregers, durch welchen Glycose und Rohrzucker nach Inversion der »Dextrangährung« verfallen.

d) Lävulan, eine neue von v. Lippmann in der Melasse der Rübenzuckerfabrication constatirte Gummiart, deren Bezeichnung mit Rücksicht auf die von Scheibler vorgeschlagene Nomenclatur der dextrinartigen Kohlehydrate seiner linksdrehenden Eigenschaft wegen gewählt wurde.

Der durch Abkochung verschiedener Pflanzensamen (Leinsamen, Quittenkerne etc.) und Wurzeln (Althäa, Salep) zu erhaltende durchsichtige Schleim (Bassorin) bläut sich mit Jod, ist in Alkalien leicht löslich und wandelt sich durch Kochen mit verdünnten Säuren in Zucker um. Im Darm des Hundes werden vom Salepschleim (120 *g* Trockensubstanz p. d.) mindestens 55 pCt., vom Quittenschleim (40 *g* Trockensubstanz p. d.) fast 80 pCt. resorbirt. Der Koth enthält keinen unveränderten Pflanzenschleim. Da weder Magensaft noch Bauchspeichel den Schleim in Zucker umzuwandeln vermögen, so liegt es nahe, anzunehmen, dass er entweder als solcher resorbirt oder durch saure Gährung in resorbirbare Producte übergeführt worden ist.

Im Mark fleischiger Früchte und Wurzeln (Rüben) kommen ähnliche, im Wasser quellungsfähige Substanzen vor, welche durch Alkohol fällbar sind, aber bei Behandlung mit Alkalien oder Zucker eine gallertartige Beschaffenheit (Obst-Gelée) annehmen. Es sind dies die Pectine. Sie sollen bei der Reifung aus einer an sich unlöslichen Substanz, der Pectose unter Einwirkung eines Fermentes entstehen. Bei alkoholischer Gährung (Obstweinbereitung) verschwindet ein Theil der Pectinkörper (Lechartier). Nach den Versuchen Grouven's scheinen sie ebenso wie das Gummi von den Pflanzenfressern vollständig verdaut und resorbirt zu werden.

6. Thierisches Gummi. Dasselbe bildet einen Bestandtheil der Mucine und ist dargestellt worden aus dem Mucin der Submaxillardrüse, der Sehnen, der Synovia, dem Mucin des fötalen Schleimgewebes, der Colloidcysten und des Schneckenmantels. Chondrin, Metalbumin und Paralbumin liefern ebenfalls dieses Kohlehydrat. Für das im Vacuum über Schwefelsäure getrocknete Gummi wurde die Formel $(C_6H_{10}O_5)_2 + 2\,H_2O$ ermittelt; bei 120° verliert es die 2 Molecüle anhaftenden Wassers. Wasserfrei stellt es eine mehlartige, weisse Substanz dar, welche leicht Wasser anzieht und dann

gummiartig durchsichtig wird. In Wasser quillt das thierische Gummi auf und löst sich schliesslich zu einer stark schäumenden, syrupösen, schwach rechts drehenden Flüssigkeit. In Alkohol und Aether löst es sich nicht, mit Jod bleibt es ungefärbt. Kupferoxydhydrat löst es bei Gegenwart von freiem Alkali mit hellblauer Farbe, beim Kochen fällt eine basische Kupferverbindung ohne Reduction aus. Nimmt man das Erhitzen jedoch bei Gegenwart von Säuren (1 pCt. Schwefelsäure) vor, so zeigt die Lösung bald reducirende Eigenschaften. Bei fortgesetztem Erhitzen mit stärkeren Mineralsäuren bildet sich Levulinsäure.

7. Cellulose. Sie dient der Pflanze zur Bildung der formgebenden Gerüstwerke, speciell zur Herstellung der widerstandsfähigeren Zellwandungen. Je nach ihrer Herkunft besitzt sie eine verschiedene Organisation, verschiedene Dichtigkeit und einen wechselnden Gehalt an sog. inkrustirenden Substanzen (Lignin, Kork). Zum Nachweis des Lignin kann man entweder das Anilinsulfat oder das Phloroglucin und HCl benutzen; reine Cellulose wird durch die erwähnten Reagentien nicht gefärbt. Im Thierreich kommt Cellulose vor in den Mantelhüllen der Tunicaten und Ascidien (Tunicin) in der Schlangenhaut etc. Den gewöhnlichen Lösungsmitteln (Wasser, verdünnten Alkalien und Säuren, Alkohol, Aether) gegenüber verhält sich Cellulose resistent. Durch Kupferoxyd-Ammoniak findet eine Auflösung zu einer klaren, blauen Flüssigkeit statt, aus welcher das reine Kohlehydrat durch Säuren als Gallerte gefällt wird und nach dem Waschen mit Alkohol als amorphes weisses Pulver sich abscheidet. Concentrirte Schwefelsäure bewirkt zunächst kleisterartige Quellung, weiterhin vollständige Lösung. Auf Zusatz von Wasser wird ein sich mit Jod blaufärbender Körper (pflanzliches Amyloid) in weissen Flocken abgeschieden. Nach längerer Einwirkung von Schwefelsäure löst sich Cellulose zu Dextrin, das durch Kochen der mit Wasser verdünnten Lösung in Traubenzucker übergeht. Essigsäureanhydrid bildet beim Erhitzen auf 180° Triacetylcellulose $C_6H_7O_2(O \cdot C_2H_3O)_3$ eine amorphe Masse, die sich in conc. Essigsäure löst. Die für die Technik höchst wichtigen Nitro-Verbindungen sind für die Physiologie belanglos. Unter Einfluss bestimmter, im Flussschlamm, im Darmkanal der Pflanzenfresser vorkommenden Bacterienarten (Amylobacter van Tieghem, identisch mit Bacillus subtilis, Pasteur, Bacterium merismopedioides, Zopf) vergährt Cellulose. Nach den von Hoppe-Seyler durch Jahre hindurch fortgesetzten Gährungsversuchen mit einem aus sterilisirtem Papier gewonnenen Material ist anzunehmen, dass unter H_2O-Aufnahme ein zuckerartiges Kohlehydrat entsteht, welches gerade auf in CO_2 und CH_4 zerfällt, entsprechend der schematischen Formel:

$$C_6H_{10}O_5 + H_2O = C_6H_{12}O_6 = 3\,CO_2 + 3\,CH_4.$$

Ob hierbei auch organische Säuren als Durchgangsproducte auftreten (van Tieghem, Tappeiner), kann noch nicht als erwiesen angesehen werden. Allem Anschein nach kommt der reinen Cellulose eine Bedeutung als Nährstoff nicht zu. (Näheres hierüber im nächsten Abschnitt.)

Verhalten der Nährstoffe im Organismus.

Historisches. Um den Einfluss der organischen Nährstoffe auf die Erhaltung des Organismus kennen zu lernen, sind von Bischoff, Pettenkofer und C. v. Voit eine Reihe von Fütterungsversuchen an Fleischfresser angestellt worden, durch welche eine feste Grundlage für die Erkenntniss der gesetzmässigen Vorgänge bei der Ernährung geschaffen wurde. Die Mehrzahl der früheren Forscher ging zum Theil

von falschen Voraussetzungen aus, zum Theil scheiterten die aufgewandten Bemühungen an der Unzulänglichkeit der für die Untersuchung disponiblen Hilfsmittel.

Die Fortschritte in der Methodik der Stoffwechselversuche, von welchen die Erweiterung der Kenntnisse über die Stoffwechselvorgänge abhängig sind, schliessen sich eng dem jeweiligen Standpunkt des Wissens in Chemie und Physik an.

In der Anfangsperiode der Forschung, im 17. Jahrhundert, beschränkte man sich im Wesentlichen darauf, beim Menschen mit Hilfe der Wage jene Differenz zu ermitteln, welche zwischen dem Quantum der Ingesta und der sensiblen Egesta (Koth und Harn) für abgegrenzte Zeitabschnitte bestand. Nach Entdeckung der verschiedenen Gase fand Black 1757, dass die auf die Perspiratio insensibilis (in der ursprünglichen Bedeutung des Wortes) zu beziehende Differenz jedenfalls zum Theil durch Abgabe von CO_2 in der Athemluft bedingt sei, und Lavoisier stellte 1777 den Zusammenhang zwischen der Aufnahme von Sauerstoff (von Pristley und Scheele 1772 als Bestandtheil der atmosphärischen Luft erkannt) und der Abgabe von CO_2 fest. Die weitere Ausbildung der Elementaranalyse durch Lavoisier setzte die nachfolgenden Forscher in den Stand, die Elementarbestandtheile der Nahrung, des Kothes und Harnes quantitativ zu bestimmen. Man war in der Lage, Vergleiche anzustellen zwischen den Elementen der Nahrung und der einzelnen Excrete, wobei indess eine experimentelle Ermittelung der gasförmigen Ausscheidungen unterblieb. Durch derartige von Boussingault an Pferden, Rindern, Schweinen und Tauben, von Valentin am Pferd, von Dalton, Barral am Menschen im 3.—4. Jahrzehnt unseres Jahrhunderts vorgenommene Untersuchungen liessen sich weitergehende Aufschlüsse über den Nähreffect der im Organismus zerfallenden Substanzen im Einzelnen naturgemäss nicht erwarten, da die chemischen Bestandtheile der aufgenommenen Nahrung als solche keine oder doch nur ungenügende Berücksichtigung fanden.

Diese Nothwendigkeit wurde von Liebig erkannt und von ihm der Versuch gemacht, zunächst qualitativ die Umsetzungen der einzelnen nährenden Bestandtheile zu verfolgen. Seine Untersuchungen führten ihn zu der Erkenntniss, dass der gesammte Stickstoff des N-haltigen Materials der Nahrung im Harn erscheint; die von ihm vertretene Ansicht, dass in dem Eiweiss das ausschliesslich bildende, »plastische« Prinzip vertreten und in den Umsetzungen der N-haltigen Bestandtheile des Muskels, die Quelle der mechanischen Effecte des thierischen Organismus zu suchen sei, erwies sich zwar als eine irrige, gab aber Veranlassung zur Beseitigung der Lehre von der Gleichwerthigkeit der Nährstoffe. Thaer hatte 1809 Fütterungstabellen für die landwirthschaftlichen Nutzthiere aufgestellt, die sich sammt und sonders auf das Heu als Einheitswerth bezogen, wobei der Nahrungswerth der Futterstoffe aus der Summe der darin enthaltenen, in Wasser, Alkohol, verdünnten Säuren und Alkalien löslichen Pflanzenbestandtheile abgeleitet wurde. Man war, von practischen Gesichtspunkten geleitet, von der Frage ausgegangen: »wieviel Gewichtstheile Futterstoffe sind erforderlich, um einen Gewichtstheil Heu in der Fütterung zu ersetzen, ohne dass Milch- und Fleischproduction eine Aenderung erleidet?« Die gesuchten Zahlen nannte man »Heuäquivalente«, den reciproken Werth den »Heuwerth« der Futtermittel. Z. B. gewinnt man 100 *kg* Heu aus 400 *kg* Gras. Da somit 400 *kg* Gras 100 *kg* Heu in der Fütterung äquivalent sind, beträgt das »Heuäquivalent« des Grases 400, »Heuwerth« desselben $= \frac{100}{400} = 0{,}25$. Für diesen speciellen Fall kann man die Berechnung als zutreffend anerkennen, für alle anderen aber nicht, da die Voraussetzung von der Gleichwerthigkeit der Nährstoffe ein verhängnissvoller Irrthum war, dessen Folgen

Henneberg und Stohmann (1860) mit den Worten beleuchten: »Es lässt sich nicht leugnen, dass die Begründung der Lehre vom Heuwerth im Sinne Thaers einen hemmenden Einfluss auf die Entwickelung der deutschen Viehzucht, namentlich der Rindviehzucht, ausgeübt hat. Der englische Landwirth kümmert sich selbst heut zu Tage noch nicht um die Pfunde Heuwerth, die er seinem Vieh giebt; er füttert reichlich und hat hierbei seine Viehzucht auf die erste Stufe der Welt gebracht. Der deutsche Landwirth dagegen hat den pro Tag und Stück gefütterten Heuwerth schon lange ängstlich berechnet und ist dabei erst in neuester Zeit dahin gelangt, mit seinem Rindviehstande höheren Anforderungen zu genügen.« Neben Liebig verdient Haubner als einer der ersten mit genannt zu werden, welche durch Fütterungsversuche die Lehre vom Heuwerth ad absurdum führte. Bereits 1845 sagt er in seiner Gesundheitspflege: »Dahin muss es jedoch kommen, dass man nicht mehr sagt: ein Thier bedarf so viel Pfund Heuwerth zur täglichen Nahrung; sondern man muss sagen: es bedarf so viel Protein und so viel an Zucker- oder Fettstoffen. Und dieses bestimmte Mischungsverhältniss muss nicht blos für jede Thiergattung, sondern für jeden besonderen Nährzweck ermittelt und festgestellt werden. Es wird und muss gelingen, diese Zahlen zu finden, wenn auch Anfangs dabei vielerlei Schwierigkeiten zu überwinden sind. Ist es geschehen, dann hat man eine wahrhaft begründete und sichere Grundlage für die Mischungsverhältnisse sowohl, wie auch für die sogenannten Nahrungswerthe.«

Die Wege, welche die Forschung fernerhin einzuschlagen hatte, waren somit vorgezeichnet: einmal handelte es sich um das Studium jener Veränderungen, welche die Nährstoffe selbst im Organismus erfahren, sodann um Ermittelung des Einflusses der Nährstoffe auf den Organismus, im Einzelnen sowohl als in wechselnder Mischung und in dritter Linie um Auffinden solcher Combinationen der die Nährstoffe enthaltenden Nahrungs- resp. Futtermittel, welche sich dazu eigneten, die Leistungsfähigkeit des Organismus unter Voraussetzung bestimmter Nutzungszwecke auf möglichster Grösse zu erhalten.

Der erste Theil der Ernährungsphysiologie, welcher die Einwirkung der Verdauungssecrete auf die Nährstoffe und deren qualitative Veränderung zum Gegenstand seiner Besprechung macht, findet bei der Lehre von der Verdauung und Resorption in eingehender Weise Berücksichtigung.

Die Resultate, welche mit Rücksicht auf die anderweitigen Probleme der Ernährungsphysiologie bisher gewonnen sind, sollen hingegen an dieser Stelle besprochen werden.

Eine befriedigende Lösung dieser Fragen war überhaupt erst möglich geworden, nachdem man die Erkenntniss von der Nothwendigkeit erlangt hatte, die Untersuchung nicht auf Harn und Koth allein zu beschränken, sondern auch auf die gasförmigen Stoffwechselproducte Rücksicht zu nehmen. Um brauchbare Resultate zu erhalten, bedurfte es ausserdem bei wechselndem Futter einer Ausdehnung der Untersuchungszeit auf längere Perioden, die beim Fleischfresser auf mindestens 24 Stunden, bei Omnivoren und Pflanzenfressern bis zu 3—5 resp. 8—10 Tage bemessen werden müssen.

Zur Bestimmung des Gesammtstoffverbrauchs während einer Ver-

suchsperiode ist es vor allen Dingen erforderlich, dass man das zur Verfütterung gelangende Material qualitativ und quantitativ kennt, ebenso wichtig ist es natürlich, sich in ausreichender Weise über Qualität und Quantität der vom Thierkörper innerhalb der Versuchsperiode abgegebenen Substanzen zu verschaffen. In welcher Weise dies geschieht, soll nun zunächst Gegenstand der Erörterung sein.

Methode der Stoffwechseluntersuchungen.

I. Analyse der Einnahmen.

In jenen Fällen, in denen es sich um Versuche mit einzelnen Nährstoffen handelt, kann man event. die betreffenden Substanzen in chemisch reinem Zustande in Quantitäten verfüttern, welche durch die Wage bestimmbar sind. Die Erfahrung hat jedoch gelehrt, dass die Nährstoffe, selbst in rationeller Mischung vom Organismus auf die Dauer nicht vertragen werden. Man war daher vielfach gezwungen, zu Nahrungsmitteln zu greifen, welche den einen oder anderen Nährstoff vorwiegend enthalten, so z. B. mageres, ausgelesenes Muskelfleisch für Eiweiss, Brod als Ersatz für Kohlehydrate, ausgeschmolzenes Rohfett an Stelle von reinem Neutralfett zu verabfolgen. Für genaue Versuche sind die Bestandtheile, soweit die analytischen Hilfsmittel ausreichen, zu bestimmen, so im Muskelfleisch der Gesammt-N, Fett, Glycogen, Milchsäure und ferner, da nicht aller N auf Eiweiss bezogen werden darf, auch der Gehalt an Bindegewebe resp. Leim und Kreatin, während der Gehalt an Hypoxanthin, Xanthin etc. gewöhnlich unberücksichtigt bleibt. Meist kann man sich bei Stoffwechselversuchen mit Fleischfressern darauf beschränken, den gesammten N-Gehalt zu ermitteln oder noch einfacher denselben für Fleisch ohne jede Analyse mit 3,4 pCt. nach Voit's Vorschlag in Rechnung zu setzen, da die Fehlerquellen beim Thierversuch an und für sich schon grössere sein können als die Vernachlässigungen, welche aus der Annahme dieser Mittelzahl für den N-Gehalt des Fleisches erwachsen. Im Zucker, ebenso im Stärkemehl kommen in Betracht das hygroskopische Wasser und Spuren von Ammoniak; in den Fetten, worauf Hoppe-Seyler aufmerksam macht, ein wechselnder Gehalt von Lecithin und Cholesterin. Ueber die mittlere Zusammensetzung vorwiegend pflanzlicher Futterstoffe geben Tabellen Aufschluss, welche auf Grund analytischer Untersuchungen der in den landwirthschaftlichen Versuchsstationen arbeitenden Chemiker aufgestellt sind.

E Wolff berücksichtigt in seinen Tabellen den Wassergehalt, organische und anorganische Substanzen, unter ersteren das Rohprotein, die Rohfaser, N-freie Extractivstoffe und das Rohfett. Das Rohprotein wird durch Multiplication des direct bestimmten Stickstoffes mit dem Factor 6,25 (N-Gehalt trotz der erheblichen Schwankungen gerade im Pflanzeneiweiss dennoch zu 16 pCt. angenommen) berechnet; unter Rohfaser versteht Wolff diejenige Substanz, welche nach Behandlung der Futtermittel mit verdünnter Schwefelsäure, Kalilauge, Alkohol und Aether zurückbleibt. Die in der Rohfaser enthaltenen geringen Asche- und »Eiweiss«-Quantitäten werden vielfach

bei Ermittelung des Rohfasergehaltes in Abzug gebracht. Das Rohfett umfasst alles, was sich aus der Trockensubstanz mit Aether extrahiren lässt. Mit der Bezeichnung N-freie Extractivstoffe belegt er den Rest der Trockensubstanz, welcher nach Abzug des Rohprotein, Rohfaser und der Reinasche übrig bleibt. Unter letzterer ist die von Kohlestoff befreite Rohasche nach Abzug von CO_2 zu verstehen. Diejenigen Bestandtheile der Rohstoffe, welche bei Fütterungsversuchen als verdaulich herausgerechnet worden sind, bezeichnet Wolff als Eiweiss, Kohlehydrate und Fett. Kühne's Tabellen enthalten neben Mittelzahlen über den Gehalt an Trockensubstanz, Proteinstoffen, Fettsubstanz, N-freie Extractstoffen, Holzfaser (Rohfaser) und dem Procentsatz verdaulicher Futterbestandtheile auch Minimal- und Maximalzahlen, aus denen hervorgeht, dass Schwankungen in dem Gehalt der einzelnen Bestandtheile bis zu 55 pCt. (Reisfuttermehl z. B. N-freie Extractstoffe Min. 20,0, Max. 75,9 pCt.) vorkommen können.

Schon aus diesem Grunde allein erscheint es dringend geboten, bei solchen Stoffwechselversuchen mit Pflanzenfressern, in welchen einige Genauigkeit erforderlich wird, die Analyse der Futtermittel in jedem Falle besonders vorzunehmen, da die unvermeidlichen Fehler der mangelhaften analytischen Methoden wegen an und für sich schon gross genug sind. Wie Voit hervorhebt, ist der Stickstoff der Pflanzentheile nicht allein auf Eiweiss, sondern auch auf Salpetersäure, Ammoniak und Amidoverbindungen zurückzuführen. In den Rüben z. B. treffen nach E. Schulze und Urich nur 20 pCt. des darin enthaltenen N auf Eiweiss, in den Kartoffeln nur 56,2 pCt. Ebensowenig ist die gereinigte Rohfaser eine einheitliche Substanz, sondern im Wesentlichen ein variables Gemisch von Cellulose (mit 44,4 pCt. C) und Lignin (mit etwa 55 pCt. C). Im Aetherextract aus Vegetabilien finden sich ausser Neutralfetten noch Wachs, Chlorophyll und anderweitige Farbstoffe, und die N-losen Extractstoffe umfassen ein Gemisch von Zucker, Stärke, Gummi, Pflanzenschleim und ähnlichen Substanzen.

Aber selbst für die practischen Bedürfnisse des Landwirthes, Anhaltspunkte zur Bemessung zweckentsprechender Futterrationen zu gewähren, reichen die Tabellen ohne fortdauernde Ueberwachung des Erfolges nicht aus und zwar deshalb, weil die Verdaulichkeit der Futterbestandtheile an und für sich schwankt und weil anderseits die Ermittelung der Grenzen der Verdaulichkeit, wegen der nicht unbeträchtlichen, ebenfalls wechselnden Quantitäten von Rückständen der Verdauungssecrete, welche mit den Fäces den Organismus verlassen, mannigfache Schwierigkeiten mit sich bringt.

Neuerdings hat sich Stutzer bemüht, unabhängig vom Thierversuch die Verdaulichkeit, namentlich der N-haltigen Stoffe der Futtermittel festzustellen. Derselbe setzt das zu prüfende Material der successiven Einwirkung von künstlichem Magensaft und Pankreasextract im Digestionsapparat aus. Bei gleichzeitiger Berücksichtigung des Stickstoffgehaltes der nicht eiweissartigen Substanzen (die Eiweisssubstanzen werden durch $Cu(OH)_2$ getrennt) konnte Stutzer für eine Reihe von gangbaren Futtermitteln ausser dem Gesammt-N, die Vertheilung des N-haltigen Materials 1. auf Nichtprotein, 2. auf Eiweiss, welches durch Magensaft (Peptoneiweiss), 3. auf Eiweiss, das durch Pankreasextract (Pankreaseiweiss) verdaut wurde und 4. auf unverdauliches Eiweiss (Nuclein?) eruiren.

Ausser der Kenntniss der erwähnten Einzelbestandtheile, erfordert ein umfassender Versuch auch die Kenntniss der einzelnen in organischen Körpern enthaltenen Elemente, des C, H und O, von welchen die beiden ersten direct, der O aber durch Rechnung ermittelt werden; desgleichen sind auch die Aschebestandtheile durch Analyse festzustellen.

Unter den Einnahmen bleibt dann ferner noch quantitativ zu bestimmen der Wasserconsum und der mit der Respirationsluft aufgenommene Sauerstoff. Bezüglich der Methodik zur Ermittelung des verbrauchten Sauerstoffs muss auf die Lehre von der Athmung verwiesen werden. Im Princip ist die Bestimmungsweise des gasförmig aufgenommenen O wie bei der Elementaranalyse eine indirecte: Die betreffende Quote ergiebt sich aus der Differenz zwischen dem Anfangsgewicht des Individuums incl. aller direct bestimmten Einnahmen (Nahrung und Getränk) minus Endgewicht incl. der im Harn, Koth und in der Athmung geleisteten Ausgaben. Der von Henneberg für die Beobachtung an grösseren Pflanzenfressern benutzte Respirationsapparat entspricht in allen wesentlichen Stücken dem Pettenkofer'schen. Der von Grouven verwendete unterscheidet sich, abgesehen von einigen Veränderungen in der technischen Einrichtung (Ventilationsbetrieb durch Arbeiter anstatt durch Dampfbetrieb), dadurch von letzterem, dass die gesammte, in den hier abgeschlossenen Respirationskasten eintretende Luft vorher von Feuchtigkeit und CO_2 durch vorgelegte Trockenapparate befreit und dadurch die Gefahr der Condensation des exspirirten Wasserdampfes verringert wird.

II. Analyse der Ausgaben.

Die Controlle über die Ausgabe an Wasserdampf und CO_2 in der Exspirationsluft wird mit Hilfe der vorerwähnten Respirationsapparate ausgeübt. Um die nicht gasförmigen Stoffwechselproducte ohne Verlust während der Versuchsperiode zu erhalten, bedarf es besonderer Vorrichtungen zum Auffangen von Harn und Koth. Unmittelbar vor Beginn des Versuches ist die freiwillige Entleerung der Blase abzuwarten oder mittelst Katheter zu bewirken; der während des Versuches entleerte Urin soll, um Verluste zu vermeiden, entweder direct aufgefangen oder in entsprechend unter dem Leibe befestigte Gefässe entleert werden; am Schluss der Periode wird die Blase wiederum von etwaigem Inhalt befreit. Die aufgesammelten Harnportionen sind, falls sie nicht sogleich in Arbeit genommen werden können, vor Zersetzung durch starkes Ansäuern zu schützen. Früher beschränkte man sich bei Stoffwechseluntersuchungen auf die Titrirung des Harnstoffs nach dem Liebig'schen Verfahren, eine Methode, wodurch im Grunde genommen eine nicht besonders genaue Gesammt-N-Bestimmung ausgeführt wird, wobei man 1 *g* Harnstoff (entsprechend 0,467 N) auf 2,9 *g* Eiweiss- resp. 13,7 *g* Fleischumsatz bezieht, jetzt dürfte wohl so ziemlich allgemein die bequeme und genaue Gesammt-N-Bestimmung nach Kjeldahl vorgezogen werden. Die N-haltigen Harnbestandtheile sind als die Endproducte des Eiweisszerfalles im Organismus anzusehen. Als Mass für die Grösse

des Eiweissumsatzes kann der Harnstickstoff deshalb angesehen werden, weil es trotz der Einwürfe von Reiset und Wiederholungen derselben, von Seegen und Nowack, welche mit dem Regnault-Reiset'schen Respirationsapparat arbeiteten, als erwiesen anzusehen ist, dass ein irgendwie in Betracht kommender Antheil N mit der Respirationsluft nicht exhalirt wird. Pettenkofer und Voit deckten die Fehlerquellen in den Seegen'schen Versuchen auf (hauptsächlich in Verunreinigung des zugeführten O gelegen), und während Leo für den Pflanzenfresser (Kaninchen) nur eine wenig merkliche N-Ausscheidung mit der Respirationsluft constatiren konnte, lieferte Gruber für den Fleischfresser den positiven Beweis für die Möglichkeit, den Gesammt-N des verfütterten Fleisches bis auf 0,2—1 pCt. im Harn wiederzufinden. Anderweitige Ausgaben, durch welche für den Organismus ein N-Verlust herbeigeführt wird (Epidermisabschuppung, Haarverlust, Huf- und Klauenhornabnutzung) kommen ihrer geringen Grösse wegen für Stoffwechselverluste gewöhnlich nicht in Betracht. Voit berechnet den N-Verlust, die Haarwechselperiode mit inbegriffen, zu 0,18, im Maximum zu 0,6 *g* pro Tag. Aus Grouvens Versuchen ergiebt sich der unter denselben Verhältnissen abgegebene N für das Rind im täglichen Durchschnitt zu 0,85 *g*; Henneberg beziffert denselben auf 2,2 — 2,8 *g* (gegenüber 100 bis 200 *g* N in den übrigen Excreten) und nach Schulze und Maercker gehen selbst bei Schafen mit rascher und reichlicher Wollproduction nur 0,8—0,9 *g* N in die Wolle über.

Bei der Untersucheung der in einer Versuchsreihe im Koth ausgeführten Substanzen bietet sich zunächst die Schwierigkeit, zu ermessen, wieviel von den Nahrungsresiduen am Anfang und am Ende des Versuches sich im Darm des Versuchsthieres befindet. Man hat deshalb versucht, das innerhalb bestimmter Zeitperioden aufgenommene Nährmaterial derart abzugrenzen, dass die einer bestimmten Fütterungsperiode angehörigen Kothmassen erkennbar sind. Für den Fleischfresser gestaltet sich die Ausführung der Kothabgrenzung ziemlich einfach, weil durch unverdauliche oder färbende Substanzen eine einigermassen brauchbare Markirung zu erzielen ist, bei Pflanzenfressern, namentlich bei Wiederkäuern findet indess eine derartige Durchmischung des Darminhaltes statt, dass eine Abgrenzung täglicher Futterresiduen unmöglich erscheint. Es bleibt daher nichts anderes übrig, als die Verabreichung der zu untersuchenden Substanzen mit Rücksicht auf das längere Verweilens des Futters im Darmtractus so lange fortzusetzen, bis sicher ausschliesslich der von dem Untersuchungsmaterial herrührende Koth erscheint, und dann erst die eigentliche Versuchsperiode zu beginnen. Ueber die Dauer des Aufenthalts der Contenta im Darm, von welcher die Bemessung der Periode abhängt, wird bei der Lehre von der Verdauung der nöthige Aufschluss gegeben werden. Zum Aufsammeln der abgesetzten Kothmassen hat man Beutel verschiedener Art construirt, die bei Versuchen mit Rindern und Schweinen der meist breiigen Kothmassen wegen unentbehrlich sind.

Für die N-Bestimmung im Koth bietet die Kjeldahl'sche Methode nach C. Arnold's Erfahrungen ähnliche Vorzüge wie für die Harnanalyse.

Dem gut gemischten, frischen Koth werden mittelst dicken Glasstabes 5—8 *g* entnommen und am Boden eines gewogenen 100 - 150 *ccm* fassenden Kochkölbchens abgestrichen. Dünnflüssigen Koth wiegt man in einem aus dünnem Staniol zurecht gebogenen Kästchen ab und bringt Koth mit Staniolhülle in das Kölbchen, worauf das Ganze mit 15 *ccm* rauchender Schwefelsäure übergossen und zwei Stunden hindurch erhitzt wird. Hierauf setzt man sofort feinst gepulvertes Kaliumpermanganat so lange zu, bis die Flüssigkeit grüne oder blaugrüne Färbung zeigt, und nach dem Erkalten das gleiche Volumen Wasser. Das Ganze gelangt nunmehr in einen 800 *ccm* fassenden Kolben, aus welchem nach Zusatz von 2—3 schrotkorngrossen Zinkstückchen und von 90 *ccm* einer 30procentigen Natronlauge die Hälfte des Inhalts und mit diesem das gebildete NH_3 überdestillirt wird Das Destillat fängt man in einem mit 10—20 *ccm* Normalsäure und dem gleichen Volumen Wasser gefüllten Erlenmeyer'-sches Kölbchen auf und titrirt nach Zusatz von Rosolsäure als Index mit $^1/_5$ oder $^1/_{10}$ Normalalkali zurück.

Einen nicht zu vernachlässigenden Bruchtheil N-haltiger Bestandtheile der Fäces bilden Schleim, Epithelreste und Gallenbestandtheile, die bei der Berechnung nicht den Resten der Nahrung hinzugezählt werden dürfen. Dieser Umstand wurde früher übersehen und gab zur Aufstellung der Lehre von der N-Depression (nicht zu verwechseln mit der Lehre vom N-Deficit, die auf der Annahme einer N-Perspiration beruhte) Veranlassung, wonach eine Vermehrung der N-losen Bestandtheile im Futter die Resorption der N-haltigen Substanzen vermindern sollte, weil in diesem Falle eine Zunahme der letzteren in den Fäces zu beobachten war. Nach den Versuchen Rieder's erscheint beim hungernden Hund im Mittel 4 pCt. des insgesammt (in Harn und Koth) ausgeschiedenen N im Koth. Bei Nahrungsaufnahme wächst die betreffende Quote und zwar bei Fütterung mit N-freien Substanzen bis zu 9 (F. Müller) resp. 12 pCt.; bei nicht übermässiger Fleischfütterung ist der gesammte N der Fäces auf Se- und Excretionsproducte des Darmes zu beziehen und beträgt 1,2 pCt. des Gesammt-N. Im Pflanzenfresserkoth, welcher einen verhältnissmässig grösseren N-Gehalt (fast doppelt so viel als im Harn) besitzt, fand Kellner durchschnittlich auf 100 Kothtrockensubstanz 0,4 N von Secretrückständen herrührend; dieselbe Zahl ermittelte Pfeiffer für das Schwein. Das Verfahren, welches letztgenannter zur Ermittelung des N-Antheils der Secrete einschlug, gestaltet sich ziemlich einfach: Trockenkoth oder frischer Koth wird der Verdauung mit künstlichem Magensaft unterworfen und der nicht verdauliche Antheil als Secretrückstand betrachtet.

Der Aetherextract der Fäces besteht bei Weitem nicht aus Fett allein, ja mitunter fehlen Fette oft ganz in Fäces, die nicht wenig Aetherauszug geben. Bei Fleischkost finden sich darin Cholesterin, fette Säuren, frei und als Kalkseifen, Cholalsäure, im Aetherextract des Pflanzenfresserkothes Harze, Chlorophyll und ebenfalls Cholesterin, Kalkseifen und Cholalsäure.

Eine elementaranalytische Bestimmung von C, H und Berechnung des O in Harn und Koth, ebenso Aschenanalysen sind im Allgemeinen ebenso unerlässlich als für die Einnahmen.

III. Sonstige Versuchsbedingungen.

Wegen des erheblichen Einflusses der Aussentemperatur und der Muskelarbeit auf den Stoffwechsel erwächst die Nothwendigkeit, die Temperatur möglichst constant zu halten und die Thiere so aufzustellen, dass Bewegungen thunlichst verhindert werden. Soll der Einfluss der Arbeitsleistung untersucht werden, so erfordert dies besondere Einrichtungen. Voit bediente sich für seine an Hunden vorgenommenen Untersuchungen eines Tretrades, für grössere Hausthiere ist eine ähnliche Vorrichtung auch in der Berliner landwirthschaftlichen Hochschule vorhanden; Wolff benutzte zur Arbeitsmessung von Zugpferden einen von v. Kankelwitz nach Art eines Göpelwerkes eingerichteten Dynamometer, und neuerdings ist ein vor jedem Wagen benutzbarer »Stossfänger« (ein Federdynamometer) von R. Sack construirt worden.

Es braucht wohl nicht besonders hervorgehoben zu werden, dass über die während des Versuches eintretende Veränderung des Körpergewichts mittelst der Waage eine stete Controlle ausgeübt werden muss, jedenfalls aber bei Beginn und am Ende des Versuches.

Berechnung der Versuchsresultate (Stoffwechselbilanz).

Zur Verwerthung der ausgeführten Analysen bildet man zunächst die Summen von jedem der Elementarbestandtheile in Einnahme und Ausgabe und berechnet die Differenzen. Eine Differenz zwischen dem Stickstoff der Nahrung und dem in den Ausgaben vorhandenen lässt, wenn sie positiv ist, auf einen Ansatz, falls negativ, auf eine Abgabe von Körpereiweiss schliessen Da der N-Gehalt des thierischen Eiweiss rund 16 pCt. beträgt, erhält man durch Multiplication der Differenz mit dem Factor 6,25 den Ansatz oder Verlust als Eiweiss oder auch wie üblich als Fleisch berechnet durch Multiplication mit 29,41 (rund 30), den N-Gehalt des Fleisches zu 3,4 pCt. angenommen.*) Erscheint sämmtlicher N der Nahrung im Harn und Koth wieder oder, was dasselbe sagt, ergiebt die Differenz zwischen dem eingeführten Gesammt-N und dem im Koth und Harn wiedergefundenen N den Werth Null, d. h. wird die gesammte resorbirte Eiweissmenge zersetzt, ohne dass ein Fleischansatz oder eine Abgabe von Körpereiweiss erfolgt, dann spricht man von N-Gleichgewicht.

Für die Differenz des Kohlenstoff in Einnahme und Ausgabe gilt dasselbe wie für die des N; ein positives Vorzeichen der C-Bilanz deutet auf Ansatz, negatives auf Abgabe von C-haltigem Körpermaterial. **Im ersteren Falle** kann es sich entweder um einen unter dem Einfluss der Nahrung stattgehabten alleinigen Ansatz von Eiweiss, dessen Procentsatz an Kohlenstoff im Mittel zu 53,6, rund zu 54 anzunehmen ist, handeln oder um einen gleichzeitigen Ansatz von

*) Reductionsfactor von Eiweiss auf Fleisch ist somit 4,5.

Eiweiss und Fett oder um eine Zunahme von Körperfett bei N-Gleichgewicht oder schliesslich um eine Zunahme von Körperfett neben Abgabe von Eiweiss. Eine dauernde Aufspeicherung von Kohlehydraten im Organismus kann nach den bisher gemachten Erfahrungen ausgeschlossen werden, da es feststeht, dass Kohlehydrate, besonders das Glycogen der Leber und der Muskeln in grossen Mengen zwar gebildet werden, aber durch die in diesen Organen ablaufenden Zersetzungsprocesse, annähernd in demselben Masse als sie entstehen, auch wieder der Zerstörung anheimfallen. Bei einer Bereicherung des Körpers an C sind daher nur Eiweiss oder Fett in der angedeuteten Combination als betheiligt anzusehen. Eine Entscheidung hierüber lässt sich unter Zuhilfenahme der vorangegangenen N-Berechnung treffen. Hat sich aus der N-Differenz ergeben, dass der Körper an Eiweiss eine Zunahme erfahren hat, so muss nothwendigerweise in demselben eine Quantität C zum Ansatz gelangt sein, welche sich verhält wie 16 : 53,6 oder wie 1 : 3,35 (rund 3,4). Man multiplicirt deshalb die Zahl, welche den N-Ansatz ausdrückt, mit 3,35 und subtrahirt von der als Ansatz zu berechnenden Kohlenstoffquantität. Bleibt ein Rest nicht, so ist aller angesetzte Kohlenstoff im angesetzten Körpereiweiss enthalten; andernfalls erfährt man durch Multiplication des Restes mit 1,307 — da der C-Gehalt des Fettes durchschnittlich 76,5 beträgt — die Menge des neben Eiweiss zum Ansatz gelangten Fettes. Ein Beispiel möge das eben Erörterte erläutern.

Ein 712,5 *kg* schwerer Ochse Henneberg's erhielt während einer 28tägigen Versuchsperiode täglich 5 *kg* Kleeheu, 6 *kg* Haferstroh und 3,7 Bohnenschrot, ferner 0,06 *kg* Kochsalz und 56,1 *kg* Wasser, wobei eine tägliche Körpergewichtszunahme von 1,035 *kg* eintrat. Einnahme und Ausgabe gestaltet sich wie folgt:

	Wasser	Asche	C	H	N	O
I. Einnahme p. d.						
In Nahrung, Getränk und Respiration	58,200	0,890	5,825	7,500	0,310	4,900
II. Ausgabe p. d.						
A. In Harn und Koth						
13,9 *kg* Harn	13,075	0,305	0,220	0,025	0,170	0,105
40,65 » Fäces	35,075	0,575	2,585	0,310	0.105	2,000
B. In Re- und Perspiration						
9,525 *kg* H_2O	9,525	—	—	—	—	—
9,795 » CO_2	—	—	2,67	—	—	7,125
0,030 » CH_4	—	—	0,02	0,01	—	—
Summe der Ausgabe	57,675	0,880	5,495	0,345	0,275	0,230
Differenz +	0,525	0,010	0,330	0,050	0,035	0,850

Es kommen somit 0,035 *kg* N auf angesetztes Eiweiss, also täglicher Eiweissansatz: 0,035 · 6,25 = 0,219 *kg*. Mit diesem Eiweiss sind gleichzeitig 0,117 *kg* C angesetzt worden, denn 0,035 · 3,35 = 0,117 C. Von den überhaupt im Körper zurückbehaltenen 0,330 *kg* C ergeben sich als disponibel für Fett 0,330 — 0,117 = 0,213 *kg* C. Dieser Kohlenstoffgehalt entspricht einem täglichen Fettansatz von 0,213 · 1,307 = 0,278 *kg*.

Die tägliche Körpergewichtszunahme vertheilt sich demnach auf

	0,219 *kg*	Eiweiss
	0,278 »	Fett
	0,525 »	Wasser
	0,010 »	Asche
Sa.	1,032 *kg*	.

Die Summe stimmt mit der bei der Wägung gefundenen Vermehrung so genau überein, wie es sich bei derartigen Rechnungen überhaupt nur erwarten lässt.

Für den Fall, dass kein N-Ansatz stattgefunden hätte, bei N-Gleichgewicht, würde der gesammte C als angesetztes Fett zu berechnen sein. Es kann sich aber auch ereignen, dass trotz der positiven Differenz in der Bilanz des gesammten Kohlenstoffes eine vermehrte N-Ausscheidung stattgefunden hatte, somit Körpereiweiss abgegeben wurde; alsdann ist der in jenem zu Verlust gegangenen Eiweiss enthaltene, bei dessen Zersetzung frei gewordene Kohlenstoff zu dem gefundenen C-Ansatz hinzuzurechnen und die gesammte sich auf diese Weise ergebende C-Quantität auf angesetztes Fett zu beziehen.

Im zweiten Fall, wenn das negative Vorzeichen in der Differenz des Kohlenstoffes auf eine Abgabe von C-haltigem Körpermaterial hinweist, sind die analogen Fragen zu erwägen und zwar, ob der abgegebene Kohlenstoff von zerfallenem Eiweiss allein oder von Eiweiss und Fett oder von Fett allein abstammt oder ob ungeachtet des Fettverlustes eine Zunahme des Körpereiweiss sich ergiebt Auch hier giebt die Vergleichung mit der N-Bilanz den nöthigen Anhalt. Wurde Eiweiss abgegeben, so wird die dem zersetzten Körpereiweiss entsprechende C-Menge von dem absoluten Werth der Gesammt-C-Ausgabe abzuziehen sein; ist dieser Rest = 0, dann entstammt die C-Abgabe dem zersetzten Körpereiweiss allein. Bleibt jedoch noch ein Plus von ausgegebenem Kohlenstoff, so rührt letzterer von dem neben Eiweiss zerstörten Körperfett her.

Bei vorhandenem N-Gleichgewicht hat man die gesammte C-Abgabe als abgegebenes Körperfett ausschliesslich zu veranschlagen. Findet sich nach Massgabe der N-Bilanz dagegen ein Eiweissansatz bei C-Abgabe, so ist die im angesetzten Eiweiss enthaltene C-Menge zu dem gefundenen negativen Werth der Gesammt-C-Differenz mit positivem Vorzeichen zu addiren und die sich ergebende algebraische Summe als zu Verlust gegangenes Fett zu verrechnen.

In welcher Weise die Bilanz des Wassers und der Asche gezogen wird, erhellt aus obigem numerischen Beispiel.

Aus einem derartigen nach Verabfolgung eines Futtergemisches aufgestellten Vergleich zwischen Einnahme und Ausgabe geht nun allerdings in keiner Weise hervor, wie die einzelnen Nährstoffe sich bei dem Ernährungseffect betheiligen. Hierüber konnten nur Versuche mit Eiweiss, Fetten, Kohlehydraten allein, resp. in methodischer Combination entscheidende Anhaltspunkte geben.

Ferner blieb die als Basis für Fütterungsversuche dienende Vorfrage zu erledigen: wie gestaltet sich der Stoffwechsel eines hungernden Individuums? Diesen von den Münchener Forschern eingeschlagenen Weg wollen wir nunmehr in möglichster Kürze verfolgen.

A. Stoffwechsel im Hungerzustand.

Der Organismus kann in mancher Beziehung mit einer Dampfmaschine verglichen werden. Ebenso wie die Leistungsfähigkeit der Maschine hängt auch die Function der Körperorgane von der geregelten Zufuhr von Brennmaterial ab. Hört bei ersterer die Kohlenzufuhr auf, so nimmt die Thätigkeit nicht sofort, sondern allmälig ab; der in der Feuerung befindliche Kohlenvorrath brennt nach und nach aus, und schliesslich steht die Maschine still. Etwas ähnliches sehen wir beim Organismus eintreten, wenn die Aufnahme von Nahrung eine dauernde Unterbrechung erleidet; auch hier functioniren sämmtliche Organe noch einige Zeit hindurch mit immer geringerer Energie, im Anfang durch das quälende Gefühl des Hungers und Durstes vorübergehend zu erhöhter Thätigkeit angespornt, um endlich unter Verringerung des Körpergewichtes und Abnahme der Körpertemperatur die Fähigkeit einzubüssen, Circulation und Respiration noch länger zu erhalten.

Die Gewichtsabnahme erfolgt nicht stetig, sondern gewissermassen sprungweise. Im Anfang der Carenzzeit sinkt das Körpergewicht ziemlich rapide, beim Pflanzenfresser, der theilweisen Entleerung des voluminösen, 12—18 pCt. des Lebendgewichts betragenden Inhalts des Verdauungstractus wegen noch rascher als beim Fleischfresser, dann folgt eine Periode geringerer Körpergewichtsabnahme, an welche sich meist bis zum eintretenden Tode wiederum eine Periode gesteigerten Zerfalls von Körpermaterial anschliesst; mitunter jedoch lässt sich gegen des Ende hin ein langsameres Fallen des Körpergewichts beobachten (Falck). Am Tage ist der Verlust regelmässig grösser als zur Nachtzeit. Die absolute Gewichtsabnahme richtet sich im Wesentlichen nach der Körpergrösse und der Zeit, innerhalb welcher der Tod durch Inanition erfolgt. Bei gleicher Hungerzeit wird das grössere Thier eine höhere Gewichtseinbusse erleiden; gleiches Gewicht vorausgesetzt, nimmt derjenige Organismus mehr an Masse ab, welcher dem Hungertode länger widersteht. Im Allgemeinen schwankt die Gewichtsabnahme in

den beobachteten Fällen zwischen 23—50 pCt. Erwachsene Hunde verlieren durchschnittlich bis zum eintretenden Hungertode $^2/_5$—$^2/_4$, jüngere $^2/_6$, neugeborene Fleischfresser, ebenso grössere Pflanzenfresser (Pferd, Colin) $^2/_{10}$ ihres Körpergewichts. Der Gewichtsverlust betrifft nicht alle Organe gleichmässig. Am wenigsten sind hieran betheiligt, wie Chossat an Tauben, Bibra an Kaninchen und Voit an Katzen ermittelte, das Centralnervensystem und nach letzterem in Uebereinstimmung mit Bidder und Schmidt das Herz. Voit nimmt an, dass diese Organe auf Kosten der anderen, welche von vornherein nicht unerheblich am Verlust betheiligt sind, in functionsfähigem Zustande erhalten werden. Hoppe-Seyler versucht diese Thatsache auf einen quantitativ geringeren Stoffumsatz zurückzuführen, mit welcher Hypothese der Blutreichthum der grauen Substanz und des Herzens nicht gerade im Einklang steht. Voit verfuhr zur Ermittelung des Organverlustes in der Weise, dass er die eine von zwei nahezu gleich schweren (3105 *g*), 10 Tage vorher mit Fleisch ernährten Katzen sofort tödtete, die andere nach 13 tägigem Hunger, den absoluten Gewichtsverlust der einzelnen Organe der Hungerkatze im frischen Zustande sowohl, als auch mit Bezug auf die Trockensubstanz bestimmte und hieraus den Procentsatz des Verlustes berechnete, ebenfalls bezogen auf frisches und trockenes Organ. Nachstehende Tabelle, welche eines Commentars wohl nicht bedarf, gewährt eine ausreichende Uebersicht über die Betheiligung der Organe an der Gewichtsabnahme während des Hungerzustandes:

	Von 1017 *g* Gesammtverlust kommen auf		Verlust von 100 *g* Organ	
	frisches Organ in Gramm	trockenes Organ in Gramm	frisch	trocken
Fettgewebe	267	249	97	—
Milz	6	1	67	63
Leber	49	17	54	57
Hoden	1	—	40	—
Muskeln	429	118	31	30
Blut	37	5	27	18
Nieren	7	1	26	21
Haut und Haare	89	—	21	—
Darm	21	—	18	—
Lunge	3	1	18	19
Pankreas	1	—	17	—
Knochen	55	—	14	—
Hirn und Rückenmark	1	0	3	0
Herz	0	—	3	—

Die Zeit, innerhalb welcher der Hungertod eintritt, kann selbst bei ein und derselben Thiergattung innerhalb ziemlich weiter Grenzen variiren. Als massgebende Factoren in dieser Hinsicht haben sich herausgestellt: 1. die relative Oberflächen-Entwickelung. Je kleiner das Thier, desto grösser die Körper-Oberfläche im Verhältniss zum Körpervolumen, desto grösser demnach auch die Intensität des Stoffwechsels, um so früher daher die Erschöpfung des für die Oxydation disponiblen Körpermaterials. Der Zusammenhang zwischen der Oberflächenentwickelung und des Stoffumsatzes wurde von Rubner genauer untersucht. Derselbe fand, dass der Gesammtstoffwechsel hungernder Thiere (Hunde) ihrer Oberflächenentwickelung direct proportional ist. 2. Das Alter der Thiere. Jüngere Thiere erliegen meist viel früher dem Hunger als ältere, deren Stoffwechsel weniger rege ist. 3. Der Fettgehalt des Körpers. Erfahrungsmässig ertragen fette Thiere viel leichter und längere Zeit hindurch die Entziehung der Nahrung als magere. Es beruht dies, um es vorweg zu bemerken, auf der Wirkung des Fettes, den Eiweissumsatz zu beschränken, wodurch einem hochgradigen Zerfall eiweisshaltigen Körpermaterials, wie man denselben bei mageren Individuen beobachtet, vorgebeugt wird. 4. Aussentemperatur und Muskelcontraction. Wie später noch des Genaueren zu erörtern sein wird, beschleunigt niedrige Aussentemperatur durch vermehrte Wärmeentziehung, ebenso körperliche Arbeit durch Steigerung der Oxydationsvorgänge den Stoffumsatz und somit auch den Eintritt des Hungertodes. — Je nach den verschiedenen Umständen starben Hunde nach Ablauf von 3—60 Tagen, Katzen nach 13—18 Tagen; Grouven's Versuchsochsen ertrugen anstandslos eine 8tägige Futterentziehung und Pferde, nach den auf Veranlassung des französischen Kriegsministeriums angestellten Versuchen, 8—14tägige Carenz, welche indess keine absolute war, da Trinkwasser gereicht wurde. Wird die Futterentziehung weiter fortgesetzt, so gehen die Pferde selbst dann noch nachträglich zu Grunde, wenngleich sie im Anschluss an die Hungerperiode Futter erhalten. Direct an Inanition starben die Pferde nach 20—30tägigem Hunger. Tauben leben 3—13, Hühner 12—34 Tage ohne Nahrung. Kalt- und Warmblüter im Winterschlaf, deren Stoffwechsel ein sehr geringer ist, vermögen bis zu 9 resp. 6—7 Monaten die Nahrungsentziehung zu ertragen. — Der Mensch soll nach Tiedemann, Moleschott, Voit je nach der Körperbeschaffenheit 8—28, selbst bis zu 40 Tagen dem Hunger Trotz zu bieten vermögen. J. Munk veranschlagt das Maximum der Lebensdauer bei absoluter Carenz nur auf 14 Tage, bei Wassergenuss auf 3 Wochen. Die in der Literatur vorliegenden Beobachtungen von länger ausgedehnter Hungerzeit seien nicht genau genug controlirt, um eine zeitweise Nahrungsaufnahme auszuschliessen.

Das Material, von welchem der Körper während des Hungerzustandes zehrt, besteht im Wesentlichen aus Eiweiss und Fett. Hierfür liefern die an verhungerten Thieren ausgeführten Sectionen genügende Beweise, welche im Einklang stehen mit den Resultaten der Stoffwechsel-

untersuchungen am lebenden Thier. Nur die Pflanzenfresser disponiren in den ersten Hungertagen noch über einen gewissen Vorrath von Kohlehydraten, welche von den im Intestinaltractus vorhandenen Futtermassen herrühren. Während beim Fleischfresser die Nahrung, wenn sie im Beginn des Versuchstages verzehrt wird, nach 24 Stunden als verdaut und resorbirt anzusehen ist, trifft dies bekanntlich für den Pflanzenfresser nicht zu. Die Futtermassen verweilen längere Zeit im Verdauuugstractus, und es verringert sich während einer 5—8tägigen Hungerzeit die Trockensubstanz der Contenta nach Grouven's Beobachtungen von 15 bis auf 4 pCt. Die Stelle des resorbirten Materials nimmt immer mehr sich ansammelnde Flüssigkeit ein.

Als Mass für die Eiweisszersetzung dient auch im Hungerzustand der im Harn ausgeschiedene N. Die Curve der täglichen N-Abgabe zeigt nicht in jedem Falle denselben Verlauf. Mitunter fällt dieselbe in den ersten Hungertagen steil ab, um weiterhin auf eine längere Strecke mit der Abscisse weniger stark zu divergiren event. parallel mit ihr zu verlaufen, bis in den späteren Hungertagen zuweilen ein Ansteigen der Curve sich wiederum bemerklich macht. In anderen Fällen sinkt die Curve von vornherein nur langsam ab, und zwar ist dies sowohl bei niedrigem als auch bei relativ hohem Anfangswerth der Ordinate beobachtet worden. Diese Schwankungen in der Eiweisszersetzung haben sich als abhängig erwiesen: 1. von den während der vorausgehenden Nahrungsaufnahme verzehrten Eiweissmengen, namentlich dann, wenn die N-losen Nahrungsbestandtheile daneben in geringer Quantität vertreten waren. Die N-Ausfuhr im Harn gestaltet sich am ersten Hungertage um so erheblicher, je grösser der vorherige Consum an Eiweiss gewesen ist. 2. Von dem Fettreichthum des Körpers. Findet sich im Organismus im Verhältniss zum Eiweissgehalt viel Fett aufgespeichert, dann wird beim Hunger von vornherein weniger N im Harn erscheinen als im gegentheiligen Falle. Da kleinere Thiere ihres intensiveren Stoffwechsels wegen weniger leicht Fett ansetzen, wird man daher unter kleinen Thieren häufiger, als unter grossen, magere Individuen, demnach solche mit höherem Eiweissumsatz im Hunger antreffen. Auf das Verschwinden des Körperfettes ist auch das am Ende mancher Hungerperiode zu beobachtende Ansteigen der N-Ausscheidung zurückzuführen. 3. Vom Körpergewicht. Mit abnehmender Körpermasse sinkt die absolute Menge der ausgeschiedenen N-haltigen Zersetzungsproducte, im Verhältniss zur Körpergewichtseinheit nimmt dieselbe zu. Es tritt dies recht deutlich an nachstehender Reihe von Durchschnittsanalysen hervor, welche Voit von Hunden verschiedenen Gewichts erhielt:

Körpergewicht kg	Harnstoff p. d	Harnstoff	Eiweiss	Fleisch	Gesammtabgabe p. d. an	
		pro Kilogramm Körpergewicht			Eiweiss	Fleisch
33,0	12,8	0,39	1,14	5,34	37,4	176,0
19,6	10,7	0,55	1,61	7,53	31,3	146,6
10,1	7,4	0,73	2,12	10,00	21,6	101,2
8,9	7,3	0,82	2,39	11,20	21,3	100,0
3,2	3,6	1,14	3,32	15,60	10,5	49,3

Ganz allgemein lässt sich, wenn wir nur das Ergebniss an den ersten beiden grösseren Hunden berücksichtigen, die täglich pro Kilogramm Körpergewicht zersetzte Eiweissquantität auf 1,2 *g* Eiweiss oder rund 5 *g* Fleisch schätzen. Dasselbe gilt auch für den Menschen. Aeltere auf eine 1—2tägige Hungerperiode ausgedehnte Beobachtungen fanden eine Bestätigung und Erweiterung durch die an dem Italiener Cetti durch Senator, Zuntz und J. Munk gewonnenen Untersuchungsresultate. Cetti, dessen Panniculus adiposus nicht besonders entwickelt war, verlor in der 10tägigen Versuchszeit 6,35 *kg* (Anfangsgewicht 57 *kg*) und zwar in den ersten 5 Tagen zusammen 4400 *g* p. d. 880 *g*, am 6. Tage 260 *g*, am 7. nichts, in den letzten 3 Tagen je 5—600 *g*. Für die ersten 4 Tage wurde aus der N-Abgabe die Zersetzung von »Fleisch« auf täglich 380 *g* berechnet. Dies ergiebt pro Kilogramm Körpergewicht ca. 6,8 *g* Fleisch. In den nächsten 3 Tagen verlor Cetti täglich 310 *g* Fleisch, pro Kilogramm ca. 5,8 *g* und in den letzten 3 Tagen je 286 *g*, resp. 5,3 *g* pro Gewichtseinheit.

Während der Eiweissverbrauch bei einem kleinen Hunde pro Kilogramm Körpergewicht den eines grossen um das 3—4fache übertreffen kann, sind die Schwankungen in der Zersetzung des Fettes für die Gewichtseinheit, wie aus nachstehenden Versuchsdaten ersichtlich, geringer:

Hungertag	Körpergewicht kg	Fleischverbrauch		Fettverbrauch		Bemerkungen
		im Tage	pro Kilogramm	im Tage	pro Kilogramm	
2	32,9	341	10,3	86	2,61	Voit (Versuche an Hunden)
5	31,7	167	5,2	103	3,25	
8	30,5	138	4,4	99	3,23	
1	18,2	192	10,5	60	3,30	Rubner (Versuche an Hunden)
3	17,2	132	7,6	64	3,70	
1	57,0	370	6,5	160	2,81	Für Cetti berechnet
5	53,5	396	7,4	141	2,64	

Durchschnittlich kann man beim Fleischfresser und beim Menschen mit mässigem Fettgehalt pro Kilogramm Körpergewicht einen täglichen Verlust von 3,3 *g* Fettsubstanz annehmen.

Mit dem beim Hunger zerstörten Eiweiss- und Fett-Gewebsbestandtheile ist eine gewisse Menge von Organwasser innig verbunden und zwar kommen nach Voit auf 100 Theile Trockensubstanz des Fleisches etwa 315 Theile Wasser (durchschnittlich 75 pCt. Wasser in 100 Fleisch). Dieses Wasser wird nun entweder als überschüssig ausgeschieden oder im Körper bis zu einem gewissen Grade zurückgehalten, um einen vorher z. B. durch erhöhte Aussentemperatur, Arbeit u. dgl. herbeigeführten Verlust an Wasser zu ersetzen, ja es kann der Wassergehalt der Organe sogar zunehmen. In vielen Fällen wird aber dieser Ersatz nicht ausreichen, um die circulirenden Flüssigkeiten und die festen Gewebe vor einem Wasserverlust über die physiologische Breite hinaus zu bewahren. Führt man daher dem hungernden Organismus Wasser zu, so können die Organe unter Umständen länger functionsfähig bleiben als bei gleichzeitiger Entziehung des Getränkes. Beweisend für diese Anschauung ist das Resultat von Versuchen, die bei Gelegenheit des »Concertfastens« von Merlatti und Succi im Pariser physiologischen Laboratorium an zwei in gleichem Ernährungszustand befindlichen Hunden gleichen Körpergewichts angestellt wurden. Der eine erhielt weder Futter noch Getränk und starb am 20. Tage, der andere durfte nach Belieben Wasser aufnehmen und erreichte dabei den 40. Tag, an welchem der Versuch abgebrochen wurde.

Bei dem Zerfall von Gewebsbestandtheilen werden aber auch Aschebestandtheile frei, welche mit dem Harn und Koth ausgeschieden werden. Der Moment, wo der Körper von seinem eigenen Gewebe zu zehren anfängt, markirt sich ziemlich deutlich durch die relative Zunahme der Kaliverbindungen in den Excreten. In der Nahrung überwiegen meist die Natronverbindungen über die Kaliumsalze. Die Organe enthalten aber, wie schon Liebig zeigte, überwiegend Kaliverbindungen und zwar im Verhältniss von 3 Theilen Kali auf 1 Theil Natron. In Folge dessen kehrt sich das bei Nahrungszufuhr vorhandene Verhältniss der Alkalien zu einander im Hungerzustand, bei beginnendem Organzerfall um. Die an Cetti angestellten Untersuchungen ergaben dasselbe Verhältniss. Die Ausscheidung beider Alkalien zusammen sank von 6,66 *g* am letzten Esstage auf 0,75 *g* am letzten Hungertage.

Die Chlorausscheidung nimmt ziemlich rapide ab und ist für die Körpergewichtseinheit um so geringer, je länger die Hungerzeit andauert. Ein 8,88 *kg* schwerer 1 Jahr alter Hund Falck's schied pro Kilogramm Gewicht in 24 Tagen durchschnittlich täglich 0,017 Chlor, ein über 3 Jahre alter 21,2 *kg* schwerer Hund in 60 Tagen täglich 0,0011 pro Kilogramm aus. Bei Cetti sank die Chlorausscheidung von 5,5 *g* (0,1 pro Kilogramm) ganz allmälig auf 0,6 *g* (0,01 pro Kilogramm) am 10. Hungertage ab.

Bestimmungen der Schwefelsäure für einen länger währenden

Hungerzustand führte Falck an seinem älteren Hunde aus. Die Menge der Schwefelsäure im Harn, welche durch $Ba Cl_2$ aus heisser salzsaurer Lösung gefällt werden konnte, sank in der ersten Zeit des Versuches nahezu gleichmässig von 0,0392 *g* pro Kilogramm auf 0,0124 *g*; in den letzten Wochen hielt sie sich ziemlich constant; im Durchschnitt betrug dieselbe 0,0197 *g*, die Gesammtschwefelsäure, als SO_3 berechnet, im Mittel 0,03 *g* pro Kilogramm. Das Verhältniss des oxydirten Schwefel zu dem in anderen Verbindungen auftretenden S ergab sich am letzten Futtertage zu 5,2, im weiteren Verlauf zu 1,0.

Die Curven der Phosphorsäureausscheidung zeigen ein ähnliches Sinken wie die der Schwefelsäure. Im Mittel lieferte derselbe Versuchshund von Falck täglich 0,0388 pro Kilogramm. Die Controle der Phosphorsäureausscheidung in dem von Cetti gelieferten Harn führte noch zu anderweitigen interessanten Aufschlüssen. Unter der Voraussetzung, dass die durch den Harn in Abgang kommende Phosphorsäure von dem beim Hunger zerstörten »Fleisch« herrühre, war annähernd dasselbe Verhältniss zu dem im Harn vorhandenen N zu erwarten, wie es sich im Fleisch vorfindet, nämlich 1 $P_2 O_5$: 7 N. Effectiv gestaltete sich jedoch das Verhältniss wie 31,5 : 7. Diese relative Zunahme der Phosphorsäure-Ausscheidung konnte nur auf der Mitbetheiligung des Knochengewebes am Zerfall beruhen, da auch der Kalk im Harn um das 3—4fache der bei ausschliesslicher Zerstörung von Fleisch zu erwartenden Mengen sich vermehrt hatte. Auch unter Berücksichtigung des Kalkgehalts des Trinkwassers ergab sich noch ein bedeutender Ueberschuss. Bestätigt wird die Annahme einer Betheiligung der Knochen am Stoffwechsel durch den Vergleich mit den zu Verlust gehenden Magnesiumsalzen. Beim sich nährenden Menschen und beim gefütterten Hunde ist die absolute Menge der Magnesiaausscheidung durch den Harn höher als die des Kalkes. Hier war aber das umgekehrte der Fall. Während am letzten Esstage die Kalkmenge im Harn = 100 gesetzt, 112 Theile Magnesia durch den Harn austraten, betrug das Verhältniss an den Hungertagen 100 : 57—46.

Von den Gesammtausgaben eines von Pettenkofer und Voit im Hungerzustand untersuchten 33 *kg* schweren Hundes, der nur wenig Wasser (33 – 125 *ccm* p. d.) aufnahm, und dessen Harnmenge 106—241 *ccm* betrug. entfielen im Mittel 28 pCt. auf den Harn, 72 pCt. auf Lunge und Haut; bei einem 28 *kg* schweren Versuchshund J. Munk's vertheilte sich dagegen die Gesammtabgabe mit 43 pCt. auf den Harn und mit 57 pCt. auf die Athmung. Es scheinen also in dieser Hinsicht zwischen den einzelnen Individuen derselben Species und desselben Körpergewichts beträchtliche Differenzen zu bestehen, die offenbar nur durch den wechselnden Gehalt an den Hauptbestandtheilen des Körpers: Wasser, Eiweiss, Fett bedingt sein können.

Ueber den Stoffwechsel grösserer Pflanzenfresser im Hungerzustand liegen einige Untersuchungen Grouven's an Ochsen vor, deren wichtigste Ergebnisse in folgender Tabelle zusammengefasst sind:

		In 24 Stunden										
					Verlust an					Verlust pro *kg* Körpergewicht		
Hungerdauer	Mittleres Körpergewicht	Verlust an Lebendgewicht	Tränkwasser	Wasserverlust	Fleisch	Fett	Asche	Harn	Koth	Fleisch	Fett	Asche
Tage	*kg*		*kg*		*kg*			*kg*		*g*		
3	522,5	7,75	5,0	0,0	1,525	1,665	0,050	4,21	4,12	2,92	3,20	0,10
8	501,0	5,25	4,4	0,1	1,215	1,480	0,040	3,33	2,15	2,43	2,96	0,08
2	436,5	12,85	0,0	4,7	0,290	1,160	0,020	2,25	5,76	0,65	2,66	0,05
2	358,0	12,65	0,0	3,6	0,175	0,965	0,045	2,86	6,97	0,49	2,90	0,13

Die Ernährung der Thiere in der vorangehenden 3—14 Tage dauernden Fütterungsperiode bestand durchschnittlich in 3,5 *kg* Roggenstroh p. d. Betrachten wir den Verlust an Fleisch pro Gewichtseinheit, so finden wir im Vergleich zu der Fleischzersetzung des Fleischfressers nur die Hälfte der von letzterem im Hunger abgegebenen Fleischmenge, nämlich pro Kilogramm Körpergewicht fast genau 2,5 *g*, entsprechend 0,55 *g* oder abgerundet 0,6 *g* Eiweiss im Mittel, wenn wir die Resultate der 2tägigen Hungerversuche unberücksichtigt lassen, wozu der unverkennbare Einfluss des Mageninhalts begründete Veranlassung giebt. Der Fettverbrauch bietet auch hier geringere Schwankungen als der N-Umsatz und beträgt täglich im Mittel pro Kilogramm 3,0 *g*. Die beschleunigte Verminderung des Körpergewichts durch reichlichere Entleerung von Fäcalmassen in den ersten Hungertagen tritt in den beiden letzten Fällen deutlich hervor.

Am Schwein stellten einige Hungerversuche Meissl, Strohmer, Lorenz an. Ein Versuchsthier von 144 *kg* verlor in einem 3tägigen Hungerversuch 6 *kg* und gab aus, täglich 9,8 *g* N durch den Harn, entsprechend einem Verluste von 61,25 *g* Eiweiss (291 *g* Fleisch) und 224,51 *g* C (7,5 *g* durch den Harn, 217 *g* durch die Athmung), entsprechend 253 *g* Fett. Betrachten wir als mittleres Körpergewicht während der Hungerzeit 143 *kg*, so beträgt der Verlust auf 1 *kg* Thier 0,434 *g* Eiweiss (2,4 Fleisch) und 1,77 *g* Fett. Die Ausscheidungen eines zweiten Versuchsschweines von 122 *kg* Lebendgewicht betrugen im Mittel einer 5tägigen Hungerperiode: 6,77 *g* N = 42,31 *g* Eiweiss (200 *g* Fleisch); durch die Athmung, am zweiten Hungertage 189,9 *g* C und zwar innerhalb der Nachtstunden weniger als am Tage, wie dies durchweg auch für andere Thiere zutrifft. Aus der C-Abgabe berechnet sich ein täglicher Verlust von 225,5 *g* Fett. Abgabe pro Kilo Körpergewicht demnach 0,347 *g* Eiweiss (1,64 *g* Fleisch) und 1,85 *g* Fett.

Als Gesammtresultat erhalten wir somit durchschnittlich für das Schwein im Hungerzustand einen täglichen Verlust von 0,4 *g* Eiweiss (1,8 *g* Fleisch) und 1,8 *g* Fett für die Einheit des Körpergewichts.

B. Stoffwechsel bei einseitiger Ernährung.

Fütterungsversuche mit verschiedenen Nährmaterialien, welche Eiweiss oder Fett oder Kohlehydrat überwiegend oder ausschliesslich enthielten, zur Prüfung des Nähreffects sind zuerst non Magendie (1841) angestellt worden. Hunde mit ausgewaschenem Blutfibrin, Eiern, Käse oder Olivenöl, Butter, Rohrzucker resp. Gummi ernährt, magerten ab und verendeten unter allen Zeichen der Inanition zwischen 30 und 40 Tagen, nach Fettfütterung zwischen 56 und 68 Tagen, desgleichen ein mit Reis gefütterter Esel nach 14 Tagen, allerdings hauptsächlich wohl deshalb, weil er den gekochten Reis in ungenügender Quantität verzehrte. Tiedemann und Gmelin führten ähnliche Untersuchungen an Gänsen aus. Nachdem durch einen Vorversuch die zur Erhaltung konstanten Gewichts (von 3,88 *kg*) notwendige Futtermenge (90 *g* Gerste p. d.) festgestellt war, verfütterten sie, ohne den Thieren die Wasseraufnahme zu versagen, entsprechende Quantitäten von

gekochtem Eiweiss;	Tod	nach	46	Tagen,
Zucker;	»	»	22	»
rohe Stärke;	»	»	27	»
gekochte Stärke;	»	»	44	»
arabisches Gummi;	»	»	16	»

Nach Oertmann sterben Kaninchen bei N-freier, hauptsächlich aus Stärke (mit wenig Oel) bestehender Nahrung nach 22—61 Tagen; ohne jede Nahrung gehen sie allerdings schon nach 5—19 Tagen zu Grunde. Aus diesen, sowie den von Kemmerich, Förster, Panum, Heiberg u. A. gewonnenen übereinstimmenden Versuchsresultaten geht hervor, dass der Organismus mit nur einem Nahrungsstoff, selbst in grossen Quantitäten, sich auf die Dauer nicht zu erhalten vermag. Ueber die eigentlichen Ursachen gaben auch hier wiederum die Arbeiten der münchener Forscher genügende Anhaltspunkte: Die Thiere starben, weil unter Einfluss dieser Ernährungsweise der Organismus vor fortdauerndem Verlust an Organbestandtheilen nicht geschützt wird. Nur ein Theil der Stoffe des Körpers bleibt vor Verlust bewahrt, ein anderer nicht.

I. Verhalten des Organismus bei Eiweisszufuhr.

Nachdem man die Grösse des N-Umsatzes im Hungerzustand kennen gelernt hatte, lag die Annahme nahe, eine der vom Organismus zerstörten äquivalente, in der Nahrung enthaltene Menge Eiweisssubstanz als ausreichenden Ersatz für das vom Körper abgegebene N-haltige Material anzusehen. Das Experiment ergab sofort das Irrige dieser Voraussetzung. Eiweiss in reiner Form zu geben, verbot sich aus den eben erwähnten Gründen von selbst, dagegen hatte sich die Verfütterung von magerem Muskelfleisch für derartige Versuche als besonders zweckmässig erwiesen, da, ein ausreichendes Quantum vorausgesetzt,

die Hunde nicht an den Folgen der einseitigen Ernährung zu Grunde gingen. In einem von Pettenkofer und Voit ausgeführten Versuch war die von einem 30 *kg* schweren Hund im Hungerzustand vom Organismus abgegebene Fleischmenge zu 165 *g* p. d. bestimmt worden. Der Hund erhielt in der folgenden Versuchsperiode eine Quantität Fleisch als Nahrung, welche die in der Hungerzeit zersetzte um das 3fache überstieg (500 *g*). Hierbei stellte sich heraus, dass nunmehr der Umsatz N-haltiger Substanz nicht nur nicht geringer wurde, sondern eine weitere Steigerung erfuhr. Der Gesammtumsatz von »Fleisch« durch den Organismus betrug jetzt 599 *g*, d. h. der Hund setzte zwar nicht mehr dieselbe Quantität an Körpersubstanz als im Hungerzustand zu, immerhin aber noch über die Hälfte davon, nämlich 99 *g*. Weitere Steigerung der Fleischkost auf 1000 resp. 1500 *g* Fleisch bewirkte eine Verminderung des Fleischverlustes des Körpers bis auf 79 resp. 0 *g*. Mit 1500 *g* Fleisch in der Kost ($^1/_{20}$ des Körpergewichts) erhielt der Hund gerade soviel N zugeführt, als in Harn und Koth wieder abgegeben wurde; also erst mit einer, die im Hunger zersetzte um das 10fache übersteigenden Fleischmenge war es gelungen, eine N-Abgabe vom Körper zu verhüten, N-Gleichgewicht herzustellen. Wie ist nun die Thatsache einer Steigerung des Eiweissumsatzes nach Vermehrung der Eiweissaufnahme zu erklären? Erinnert man sich an die bedeutende Eiweisszersetzung in den ersten Hungertagen nach vorangegangener reichlicher Eiweissaufnahme, so gelangt man zu der Vorstellung, dass das nach eingetretener Resorption im Blut, sodann in der Lymphe »circulirende Eiweiss« oder »Vorrathseiweiss« unter Einfluss der Zellthätigkeit, die vermuthlich auf eine Fermentation hinausläuft, leichter der Zersetzung anheimfällt als das bereits zum integrirenden Bestandtheile des Zellleibes gewordene »Organeiweiss«. Diese von Voit vertretene Meinung einer grösseren Stabilität der Organe im Gegensatz zu der leichten Zerstörbarkeit des circulirenden Eiweiss entbehrt nicht einer experimentellen Begründung. Injicirt man einem Hunde Pferdeblutserum oder Hundeblutserum in die Blutgefässe, so wird dasselbe eben so vollständig zersetzt, wie das in der Form von Fleisch verzehrte Eiweiss; frisch transfundirtes Hundeblut dagegen giebt nur zu einer höchst unbedeutenden Vermehrung der Harnstoffausscheidung Veranlassung (Forster, Tschiriew). Die Frage, wie die Umsetzung des circulirenden Eiweiss sich vollzieht, ist bisher noch unbeantwortet geblieben. Einige neuere Untersuchungen dürften geeignet sein, als Ausgangspunkt für die experimentelle Lösung dieses Problems zu dienen. F. Hoffmeister (Prag) führte den Nachweis von dem Vorhandensein einer die Assimilation der Peptone vermittelnden Thätigkeit der lymphoiden Formelemente des Intestinaltractus. In bestimmten Beziehungen hiermit sind die Resultate der an Cetti vorgenommenen Blutkörperchenzählungen zu bringen, welche am 6. Hungertage ein Verhältniss der weissen Blutkörperchen zu den rothen von 1:1630

ergaben, welches sich am zweiten Tage nach erneuter Nahrungsaufname auf 1 : 530 umgeändert hatte. Höchstwahrscheinlich besteht zwischen der Zunahme der weissen Blutkörperchen und des circulirenden Eiweiss ein causaler Zusammenhang. Hiermit soll jedoch nicht gesagt sein, dass das gesammte circulirende Eiweiss an morphologische Blutbestandtheile gebunden ist, constatirten doch Brücke, Voit und Bauer die directe Resorptionsfähigkeit von löslichem Eiweiss (Albumine, Acidalbumine, Globuline). Unsere dürftigen Kenntnisse in diesen Fragen bilden jedoch kein Hinderniss für die Gewinnung eines summarischen Ueberblickes über das Verhalten des Organismus unter dem Einfluss welchselnder Ernährungsverhältnisse. — Der Gegensatz zwischen Organeiweiss und circulirendem, wovon soeben die Rede war, beruht indess nicht auf einer absoluten Stabilität des Organeiweiss gegenüber einer unter allen Umständen nothwendigen Zersetzung des circulirenden Eiweiss. Das erstere wird, wie aus den Hungerversuchen hervorgeht, im Bedarfsfalle beim Fleischfresser täglich zu 1,2, beim Pflanzenfresser zu 0,6 *g* pro Kilogramm Körpergewicht eingeschmolzen und, nachdem es zu circulirendem umgewandelt, zersetzt. Im N-Gleichgewicht bleibt der Bestand des Organismus intact. Fährt man nach Herstellung des N-Gleichgewichtes mit der Steigerung des Fleischfutters fort, so wird die die Hauptmasse des in dem Säftestrom enthaltenen circulirenden Eiweiss zerlegt, aber nicht mehr die Gesammtmenge; ein kleiner Bruchtheil des circulirenden Eiweiss verbleibt im Körper und findet Verwendung zur Erhöhung des Bestandes an Organeiweiss. Es geht dies aus der 6. Periode nachstehender Daten hervor, welche die Fortsetzung der mit dem oben erwähnten Hund erzielten Versuchsresultate enthalten; dieselben sind auch in anderer Beziehung sehr lehrreich.

Periode	Fleisch-Einnahme	Fleisch-Umsatz	Fleischänderung am Körper	Fettänderung am Körper	CO_2 Abgabe	Sauerstoff-Aufnahme	Sauerstoff zur Zersetzung nöthig	Respirat. Quotient
	Gramm							
1	0	165	− 165	− 95	327	330	329	72
2	500	599	− 99	− 47	356	341	332	76
3	1000	1079	− 79	− 19	463	453	398	74
5	1500	1500	0	+ 4	547	487	477	81
6	1800	1757	+ 43	+ 1	656	—	592	—
7	2000	2044	− 44	+ 58	604	517	524	84
8	2500	2512	− 12	+ 57	783	—	688	—

Bis zu einer Gabe von 1500 *g* hatte der Hund, trotz der in steigenden Mengen zugeführten Nahrung, neben Eiweiss noch Fett verloren. Gleich-

zeitig mit Erreichung des N-Gleichgewichts ist ein Zustand eingetreten, in welchem auch kein Fett mehr zu Verlust geht. Nach der 6. Periode, innerhalb welcher eine Zunahme an Organeiweiss zu verzeichnen ist, wächst die Zerstörung von Eiweiss bis zum Eintritt eines annähernden N-Gleichgewichts, aber es fehlt ein Theil des C des zersetzten Eiweiss in den Ausscheidungen. Dieser Rest kann nur als Fett im Körper zur Ablagerung gekommen sein; der Ansatz beträgt 4—12 pCt. der zersetzten Fleischtrockensubstanz, eine verhältnissmässig geringfügige Quantität. Eine Vergleichung der auf zwei verschiedenen Wegen übereinstimmend gefundenen Sauerstoffmengen an den aufeinander folgenden Tagen (nur in der 3. Periode ergeben sich erheblichere Abweichungen zwischen den experimentell bestimmten und berechneten Sauerstoffquantitäten) führt ferner zu der Erkenntniss, dass mit steigendem Fleischconsum auch der verbrauchte Sauerstoff wächst. Nicht der O-Zutritt ist demnach als die Ursache der Eiweisszersetzung aufzufassen, sondern der Eiweissumsatz übt einen bestimmenden Einfluss auf den O-Verbrauch aus. Dieser Satz macht die Liebig'sche Eintheilung der Nährstoffe in plastische und respiratorische unhaltbar. Liebig betrachtete nur Fette und Kohlehydrate als respiratorische Nährstoffe, welche nach Massgabe des O-Zutrittes in CO_2 und H_2O zerfallen. Während der gesammten Versuchsdauer sehen wir einen »plastischen« Nährstoff das Respirationsbedürfniss decken, einen Nährstoff, dessen plastische Wirkung im Sinne Liebig's nur in einem ganz speciellen Falle, in der 6. Periode hervortritt, da nur hier von einer Eiweissbildung die Rede sein kann.

Der Effect der Eiweisszufuhr ist aber nicht unter allen Umständen ein und derselbe. Bisher haben wir eine beständige Erhöhung in der Einnahme vorausgesetzt; es kommen ausserdem aber ganz ähnliche Einflüsse wie beim Hunger zur Geltung, welche Modificationen in der Eiweiss- und Fettzersetzung herbeizuführen im Stande sind, und zwar wirkt 1. die während der vorausgehenden Nahrungsaufnahme verzehrte Eiweissmenge bestimmend auf den Umsatz in den ersten Tagen, bei einem und demselben Individuum und gleicher Zufuhr in der Versuchsperiode. Wurde vorher längere Zeit weniger Eiweiss gegeben, dann fehlte regelmässig ein Theil des in dem zugeführten Eiweiss enthaltenen N in den Excreten, es gelangte Eiweiss zum Ansatz; ist dagegen vorher viel Eiweiss consumirt worden, so wird bei Verkürzung der Zufuhr, im Beginn des Versuchs, jetzt mehr N ausgeschieden als den nunmehrigen Einnahmen entspricht, der Körper verliert Eiweiss; 2. verändert sich der Gesammtumsatz an Eiweiss bei gleichbleibender Einnahme mit der Zeitdauer. Ging eine karge Fütterung voran, so wächst der Eiweisszerfall von Tag zu Tag bis zum Eintritt von N-Gleichgewicht, bei einer vorangehenden reichlichen Ernährung wird täglich weniger Eiweiss umgesetzt, bis ebenfalls N-Einnahme und Ausgabe gleiche Grösse erreicht haben. Man kann sonach innerhalb gewisser Grenzen, welche bei Voit's Versuchshund mit 500—2500 *g*, dem 3 bis 15fachen der Fleischzersetzung im Hunger, gegeben waren, mit einer

beliebigen Fleischmenge innerhalb bestimmter Zeitdauer N-Gleichgewicht erzielen, vorausgesetzt, dass man unter Individuen von verschiedenem Ernährungszustand wählen kann. Eine obere Grenze für die Einnahme wird gesetzt durch die Resorptionsfähigkeit des Darmes. Bei Verfütterung von 2900 *g* Fleisch trat bei Voit's Hund Erbrechen und Diarrhoe mit Entleerung von unverändertem Fleisch ein. Die untere Grenze für die Einnahme zur Erreichung des N-Gleichgewichts bei mageren Individuen liegt ungefähr 3 Mal so hoch als der Fleischumsatz im Hunger. Mit einer geringeren Quantität lässt sich N-Gleichgewicht bei fettarmen Fleischfressern nicht erzielen; der Körper giebt fort und fort von seinem Bestand N-haltiges Material ab, bis schliesslich der Tod droht, ein Zustand, welcher als protrahirter Hungerzustand aufzufassen ist (Inanitionsfutter). Das Minimum des zur Herstellung des N-Gleichgewichts nothwendigen Futterquantums definirt gleichzeitig den Begriff »Erhaltungsfutter«. Vielfach versteht man unter Erhaltungsfutter im Gegensatz zu Productionsfutter dasjenige Futterquantum, welches den Beharrungszustand herbeizuführen geeignet ist, d. h. einen solchen Ernährungszustand, welcher als Ausgangspunkt für einen directen, durch Futterzulage mittelst der Wage wahrnehmbaren Mastfortschritt oder für eine, der stärkeren Fütterung entsprechende Arbeitsleistung sich benutzen lässt. Es leuchtet ein, dass ein derartiger Beharrungszustand mit den verschiedensten Futterquantitäten erreicht werden kann. Tormay behilft sich mit einer Zweitheilung des Begriffs vom Erhaltungsfutter und unterscheidet zwischen lebend erhaltendem und Fleisch erhaltendem Futter. Endlich ist noch eine Begriffsbestimmung von Rubner zu erwähnen: Derselbe unterscheidet zwischen einer Zufuhr, welche das Mass der im Hunger zersetzten Stoffe nicht überschreitet und einer solchen, die darüber hinausgeht, einer »abundanten« Zufuhr.

Individuen, welche sich durch Fettreichthum auszeichnen, brauchen gewöhnlich längere Zeit, um das N-Gleichgewicht herzustellen, im Minimum hierzu aber nur ungefähr das $2^1/_2$fache des im Hungerzustande zersetzten Fleisches. Ueberhaupt spielt 3. der Fettreichthum des Körpers eine einflussreiche Rolle, sowohl bei dem Eiweiss- als auch bei dem Fettumsatz. Unter sonst gleichen Umständen wird von einem fettreichen Thier relativ weniger Eiweiss, dagegen mehr Fett zersetzt, wobei der Körper relativ an Eiweiss zunimmt (Bantingkur), bei einem fettarmen, jedoch eiweissreichen Individuum kann (bei reichlich bemessenen Quantitäten) unter ausgiebiger Eiweisszersetzung eine geringe Fettaufspeicherung stattfinden. In letzter Instanz kommt 4. das Körpergewicht in Betracht. Eine Fleischration, welche bei einem grossen Hunde nicht ausreicht, um Verluste an Organeiweiss zu verhüten, kann event. bei einem kleinen Eiweiss- resp Fettansatz bewirken.

Was die Vertheilung der Gesammtausgaben auf die einzelnen Ausscheidungswege anlangt, so wird von dem mit der Fleischnahrung und dem Getränk aufgenommenen Wasser nur ca. 4 pCt. durch den Darm entleert, 80 pCt. entfallen auf den Harn und 16 auf Re- und Per-

spiration. Vom N erscheinen 98,6 pCt. im Harn, 1,4 pCt. im Koth; vom C werden 16,9 pCt. im Harn, 2,7 pCt. im Koth und 80,4 pCt. in der Respiration, vom aufgenommenen O 80 pCt. in Form von CO_2 in der Exspirationsluft ausgeschieden.

Die zahlreichen mit Pflanzenfressern angestellten Fütterungsversuche bieten trotz der nothwendigen, meist aus Stroh bestehenden Verabfolgung von Rauhfutter bei Zufuhr eiweisshaltiger Futtersubstanzen (Leguminosen) so viele Analogien mit den an Fleischfressern erzielten Resultaten, dass letztere auf allgemeine Giltigkeit Anspruch machen können. In welcher Weise die auf experimentellem Wege überhaupt gewonnenen Erfahrungen für die Ernährung der landwirthschaftlichen Hausthiere in Anbetracht der verschiedenen Gebrauchszwecke derselben nutzbar zu machen sind, soll in einem besonderen Abschnitt näher erörtert werden.

II. Verhalten bei Zufuhr von Fett.

Prüfen wir den Einfluss ausschliesslicher Fettfütterung bei einem hungernden Thiere, so finden wir eine Beschränkung in der Eiweisszersetzung nicht. Ein Hund, welcher im hungernden Zustand 12 *g* Harnstoff im Harn entleerte, entsprechend einem Fleischumsatz von 165 *g*, zersetzte ebenso viel bei Verfütterung von 100 *g* Fett. Dagegen lässt sich eine Verminderung in der Fettabgabe des Körpers constatiren. Im Hungerzustand büsste der Versuchshund im Mittel täglich 96 *g* Fett ein; bei Zuführung von 100 *g* Fett wurden 97 *g* zerstört, es ist also unter Einfluss des Nahrungsfettes die Fettabgabe vom Körper verhütet worden. Wird mehr Fett gegeben, als dem Fettverbrauch entspricht, so wird der Ueberschuss am Körper angesetzt; in Folge erheblicher Steigerung der Fettzufuhr nimmt jedoch der Fettumsatz und der Eiweissumsatz zu, obwohl immer noch Fett vom Körper aus dem Nahrungsfett zurückbehalten wird. Bei Verfütterung von 350 *g* Fett zersetzte der Hund 164 *g* Fett, 186 *g* gelangten somit zum Ansatz, indess hatte sich die Fleischzersetzung auf 227 *g* p. d. gesteigert. In Consequenz der stetigen Eiweissgabe geht ein ausschliesslich mit Fett gefüttertes Thier ungeachtet der zunehmenden Fettablagerung zu Grunde, allein später als ein hungerndes Thier, wie dies aus den Versuchen Magendie's (cf. S. 81) hervorgeht.

III. Verhalten bei Zufuhr von Kohlehydraten.

Ebenso wenig wie durch Fett allein, kann durch ausschliessliche Zufuhr der verschiedenen Kohlehydrate (Stärkemehl, Zucker etc.), welche in gleichen Quantitäten verfüttert gleiche Wirkung äussern, die Eiweissabgabe seitens des Körpers verhütet werden, höchstens tritt bei grossen Gaben eine geringe Verminderung ein. So zersetzte ein hungernder Hund 181 *g* Körperfleisch (Harnstoffausscheidung 13,2 *g*), bei Fütterung mit 500 *g* Stärke noch 150 *g* Fleisch (10,9 *g* Harnstoff). Gleichzeitig lässt sich eine fettsparende Wirkung der Kohlehydrate beobachten, es kann sogar bei sehr reichlicher Verfütterung ein geringer Fettansatz

eintreten, ohne dass der Eiweissverlust hierbei aufgeboben würde, wie aus nachstehendem Versuch von Pettenkofer und Voit hervorgeht:

Stärke-Einnahme	Fleisch-Abgabe	Fett-Ansatz
379	211	+ 24
608	193	+ 22

Beachtenswerth ist das Verhältniss der CO_2-Ausscheidung. Während bei Fütterung von 350 *g* Fett mit 268 *g* C nur 519 *g* CO_2 austraten, ergab sich bei 608 *g* Stärkemehl mit ebenfalls 268 *g* C eine Ausscheidung von 785 *g* CO_2. Es hängt dies damit zusammen, dass im ersteren Falle 53 pCt., bei Fütterung mit Stärke nur 3,2 pCt. der eingeführten Nährstoffe als Fett zurückbehalten wurde.

Für die Ernährung der Pflanzenfresser kommen die Kohlehydrate ganz wesentlich in Betracht, und nach Grouven's Ermittelungen übt Rohrzucker, Traubenzucker, Stärke, Dextrin, Gummi eine eiweisssparende Wirkung in höherem Grade aus als beim Fleischfresser.

Dass aber auch Pflanzenfresser schliesslich bei derartiger Kost zu Grunde gehen, ist durch Oertmann's Versuche hinlänglich erwiesen. Auch hier muss der continuirliche Verlust an N-haltiger Körpersubstanz als Todesursache angesehen werden.

C. Verhalten des Organismus bei Zufuhr von Nährstoffgemischen.

I. Eiweiss resp. Fleisch und Fett.

Bei allen, in beliebiger Combination angestellten Fütterungsversuchen mit Fleisch und Fett hat sich mit grosser Gleichmässigkeit die Erfahrungsthatsache herausgestellt, dass das Fett in der Nahrung gerade so wie das am Körper vorhandene Fett den Eiweissverbrauch seinem Umfange nach beschränkt, also Eiweiss ersparend wirkt, indem unter dem Einfluss des Fettes der Vorrath des circulirenden Eiweiss sich verringert und als Organeiweiss im Körper zur Aufspeicherung gelangt. Es kann durch Fettzusatz unter Umständen selbst dann ein Eiweissansatz erzielt werden, wenn vorher ohne Fettzusatz ein Verlust von Körpereiweiss stattgefunden hatte:

Nahrung		Harnstoff	Fleisch-Umsatz	Fleisch-änderung am Körper
Fleisch	Fett			
1500	—	110	1512	– 12
1500	150	107	1474	+ 26
500	—	40,2	556	– 56
500	100	37,2	520	– 20
500	300	32,6	466	+ 44

Im Mittel beträgt die Quantität des ersparten Eiweiss 7 pCt., der vorher ohne das Fett zersetzten Eiweissmenge, im günstigsten Falle 15 pCt. Für die Grösse des procentisch ersparten Eiweiss ist, ein gleiches Verhältniss zwischen Eiweiss und Fett in der Nahruug vorausgesetzt, der Fettgehalt des Körpers von massgebender Bedeutung insofern, als das Körperfett seinerseits ebenfalls eine die Eiweisszersetzung beschränkende Wirkung ausübt. Hat man es mit Individuen von gleichem Ernährungszustand zu thun, so sieht man bei verschiedenem Verhältniss zwischen Fleisch und Fett die günstigere Eiweissersparung dort zu Stande kommen, wo relativ mehr Fett in der Nahrung sich vorfindet. Dieser eiweisssparende Einfluss des Fettes macht es auch erklärlich, weshalb man mit relativ geringeren Eiweissquantitäten N-Gleichgewicht herbeiführen kann als bei reiner Fleischkost, so dass bei Verwendung von Fett in der Nahrung neben Fleisch mit einem Drittel bis zur Hälfte der bei reiner Fleischkost nothwendigen Eiweissquantitäten dasselbe Ziel, die Herstellung des N-Gleichgewicht zu erreichen ist. Mit Hunden, für welche erst bei 1000—1200—1500 *g* Fleisch N-Gleichgewicht eintrat, liess sich dasselbe durch 500—600 *g* Fleisch herbeiführen, wenn 100—120—200 *g* Fett gleichzeitig verfüttert wurden. Die geringste Menge von Eiweiss mit Fett, mit welcher N-Gleichgewicht zu erzielen ist, stellt sich jedoch immer noch höher als die im Hunger zersetzte. Dieses Minimum schwankt bei Hunden zwischen 12 *g* Fleisch resp. 2,6 *g* Eiweiss neben 3 *g* Fett pro Kilogramm Körpergewicht bei älteren, grossen, fetten Individuen und 32 *g* Fleisch resp. 7,0 *g* Eiweiss neben 5 *g* Fett pro Gewichtseinheit bei jungen, kleinen, mageren Thieren. Eine 2,75 *kg* schwere Katze benöthigte hierzu 44,0 *g* Fleisch resp. 9,8 *g* Eiweiss und 5,5 *g* Fett pro Kilogramm.

Die Zeitdauer, innerhalb welcher N-Gleichgewicht bei täglich constanter Nahrungszufuhr eintritt, hängt unter sonst gleichen Umständen von dem Verhältniss zwischen Eiweiss und Fett ab. Darreichung von Gemischen mit relativ kleinen Fettmengen bewirkt in kurzer Zeit Gleichheit in der Bilanz, nicht viel später wie bei der Aufnahme von reinem Fleisch ohne Fett. Ein Hund erhielt 1800 *g* und setzte täglich 26 *g* Fleisch an. Nachdem 250 *g* Fett zugesetzt worden waren, hatte sich in 7 Tagen annähernd N-Gleichgewicht eingestellt, unter sprungweisem Ansatz (162, 171, 164, 11 *g* am 1., 3., 5., 7. Tage) von im Mittel täglich 126 *g*, im Ganzen von 884 *g* Fleisch. — Ein anderer Hund setzte hingegen bei einer aus 500 *g* Fleisch und 250 *g* Fett bestehenden Kost bis zum Eintritt des N-Gleichgewichts, welches erst nach 32 Tagen erreicht wurde, ziemlich gleichmässig täglich 56 *g*, während der ganzen Dauer des Versuches 1792 *g* Fleisch an.

Aus dem zweiten Beispiel ergiebt sich das für die practische Anwendung zur möglichst nachhaltigen Aufbesserung des Ernährungszustandes herabgekommener Thiere wichtige Resultat: bei mittleren Quantitäten Fleisch üben relativ grosse Fettquantitäten

innerhalb gewisser Grenzen einen günstigen Einfluss auf die Vermehrung des **Eiweissreichthums** des Organismus aus; aber nicht nur der Eiweissgehalt, sondern auch das Körperfett erfährt unter der erwähnten Bedingung eine nicht unerhebliche Steigerung, wie dies bei einem weiteren Versuch mit einseitiger Erhöhung des Fettgehalts der Nahrung recht deutlich hervortritt.

Nahrung		Fleisch-umsatz	Fleisch-änderung am Körper	Fett-umsatz	Fett-änderung am Körper
Fleisch	Fett				
500	0	566	− 66	47	− 47
500	100	491	+ 9	66	+ 34
500	200	517	− 17	109	+ 91

Vorstehende Tabelle lässt zugleich erkennen, dass in einem solchen Falle die eiweisssparende Wirkung nicht gleichen Schritt hält mit der Fettzunahme in der Nahrung. Bei einem Verhältniss von Fett zu Fleisch = 1 : 5 setzt der Körper 1,8 pCt. des verzehrten Fleisches an, nach Aenderung auf 1 : 2,5 giebt der Körper 3,4 pCt. und darüber hinaus ab. Nach den Erfahrungen Voit's scheint der Erfolg gesteigerter Fettzufuhr sich nach der Menge des zugleich gegebenen Fleisches zu richten: bei geringen Fleischgaben war durch Vermehrung des Nahrungsfettes, wie bei ausschliesslicher Zufuhr von Fett eine Zunahme des Eiweissumsatzes zu bemerken, bei mittleren Gaben ein Gleichbleiben, bei grossen eine Herabsetzung desselben.

Woran liegt es aber, dass bei relativ reichlicher Fettfütterung und constantem Kostmass im längeren Zeitraum der Eiweissreichthum des Körpers einen grösseren Zuwachs erfährt als bei hohen Fleischgaben mit wenig Fett und woher stammt andererseits das im Körper deponirte Fett? Die Antwort auf die erste Frage ertheilt folgende, auf den oben mitgetheilten Versuchen basirende Ueberlegung: Ein fettarmer Körper setzt im Allgemeinen grössere Quantitäten Eiweiss um und bringt weniger zum Ansatz als ein fettarmer. Da nun unter dem Einfluss relativ hoher Fettmengen der Körper an Fettgehalt zunimmt, so tritt eine Aenderung des ursprünglichen Verhältnisses zwischen Fleisch und Fett zu Gunsten des Letzteren ein, der Organismus ist jetzt in der Lage, mehr Eiweiss zu sparen und zum Ansatz zu bringen als vorher; die ursprüngliche Relation stellt sich hierdurch annähernd wieder her, um durch weiteren Fettansatz von Neuem eine Aenderung zu erfahren, event. kann nunmehr eine weitere Zunahme an Körpereiweiss erfolgen und so fort, bis allmälig die Grenze für den ferneren Ansatz von Fleisch und Fett erreicht ist; bei geringeren Fettmengen in der Nahrung bleibt der Körper fettärmer, der Eiweissansatz im Ganzen deshalb auch beschränkter.

Was die **Aufspeicherung von Fett** anbetrifft, so lässt sich diese nicht auf eine einzige Quelle zurückführen. 1. Bei ausschliesslicher Fleischfütterung kann in Bezug auf die Provenienz des event. angesetzten Fettes kein Zweifel obwalten, es muss letzteres aus den nach Abspaltung des gesammten N übrig bleibende N-freien Zerfallsproducten der Eiweisssubstanzen hervorgegangen sein. Nach den Ergebnissen der Versuche von Pettenkofer und Voit bilden sich ca. 11 pCt. Fett. Henneberg berechnet auf Grund der Annahme, dass der gesammte N des Eiweissmolecüls in Form von Harnstoff austrete, für den N-losen Eiweissrest die mögliche Bildung von 51,4 pCt. Fett.*) Die Wahrscheinlichkeit einer solchen Grösse der Fettbildung aus Eiweiss hat Zuntz durch Berechnung der bei der Verbrennung sich entwickelnden Wärmemengen controlirt und zu gross befunden; ebenso constatirt J. Munk unter Zugrundelegung der von Stohmann und Rubner gefundenen calorischen Werthe, dass, so hoch gegriffen als nur möglich, sich aus dem Eiweiss im Maximum nur 42,5—45 pCt. Fett bilden können.**) In den älteren Stoffwechselvergleichungen, ins-

---

*) Henneberg giebt folgendes Schema: es enthalten

	C	H	N	O
100 *g* Eiweiss	53,53	7,06	15,61	23,8
ab 33,45 *g* Harnstoff mit	6,69	4,83	15,61	8,92
bleiben	46,84	4,83	—	14,88
den 46,84 C entsprechen 61,15 *g* Fett mit	46,84	7,37		6,94
		− 2,54		+ 7,94
zur Deckung des H-Deficit und O-Ueberschuss erforderlich 22,86 H_2O mit		+ 2,54		+ 20,32
Gesammt-O-Ueberschuss				+ 28,26

Bei der Unzulässigkeit der Annahme, dass der überschüssige Sauerstoff sich im freien Zustande abspaltet, sind zu 100 Theilen Eiweiss, von denen ausgegangen wurde, noch so viel hinzuzurechnen, als erforderlich, um 28,26 Theile O in die Endproducte CO_2, H_2O, $\overset{+}{U}$ überzuführen, nämlich 19,01 *g* Eiweiss, welche mit 28,26 O geben: 6,36 $\overset{+}{U}$, 8,28 H_2O und 32,63 CO_2. Demnach könnten äussersten Falls 119,01 *g* Eiweiss 61,15 *g* Fett liefern d. h. 100 *g* Eiweiss 51,4 *g* Fett.

**) Unter Benutzung der Stohmann'schen Werthe ergiebt sich:

1 *g* thierisches Eiweiss liefert nach Abzug des sich abspaltenden $^1/_3$ *g* Harnstoff 4720 (kleine) Calorien, die von 1 *g* Fett betragen 9372 cal.; somit

119,01 *g* Eiweiss	561 727 Cal.
22,86 *g* H_2O enthalten 2,54 *g* H; 1 *g* H zu H_2O verbrannt, ergiebt 34 462 cal.; für 2,54 H sonach abzuziehen	87 533 «
bleiben	474 194 Cal.
hieraus zu bildende 51,4 pCt. Fett = 61,15 *g* Fett geben	573 098 «
also zu viel	98 904 Cal.

Daraus berechnet sich an Stelle der Henneberg'schen Zahl

$$51,4 : x = 573\,098 : 474\,194$$
$$x = 42,5$$

Nach Rubner liefert 1 *g* trockenes Eiweiss 5754 cal. und nach Abzug von $^1/_8$ *g*

besondere denjenigen, welche auf Pflanzenfresser Bezug haben, ist fast durchweg die Henneberg'sche Zahl zur Anwendung gekommen. 2. Wird neben Fleisch gleichzeitig Fett gefüttert, so gestalten sich die Verhältnisse etwas complicirter, da das im Körper neu entstandene Fett sowohl vom Eiweiss als vom Fett abstammen kann. Auch hierüber hat das Experiment unzweideutig entschieden. a) Bei gleichmässiger Verfütterung grosser Quantitäten Fleisch (1500 *g*) mit mässiger variabler Zugabe von Fett (30—150 *g*) behielt der Organismus annähernd so viel C zurück, als in dem dargebotenen Fett enthalten war.

Nahrung		Fleisch-umsatz	Fleisch-änderung am Körper	Fett-umsatz	Fett-änderung am Körper
Fleisch	Fett				
1500	30	1457	+ 43	0	+ 32
1500	60	1501	− 1	21	+ 39
1500	100	1402	+ 98	9	+ 91
1500	100	1451	+ 49	0	+ 109
1500	150	1455	+ 45	14	+ 136

In Erwägung dieses Factums gelangt Voit zu dem Schluss, dass die aus dem Eiweiss herrührenden C-haltigen Verbindungen, vielleicht der grösseren Vertheilung in den Organen wegen, leichter zerstört werden als die aus dem Darm resorbirten Fettmassen, deren Ablagerungsstätte nach J. Munk zunächst im Mesenterium und Omentum zu suchen ist. Das Fett der Nahrung wird um so weniger angegriffen, je mehr sich die Leistungsfähigkeit der Zellen durch reichlichere Eiweisszersetzung erschöpft hatte. Verfügt der Körper an sich schon über einen grösseren Fettvorrath, dann wird auch das in der Nahrung aufgenommene Fett in grösserem Umfange zerstört, denn im fettreichen Organismus, in welchem die Eiweisszersetzung sich verringert hat, erstreckt sich die Zellthätigkeit, deren Umsatzfähigkeit dieselbe geblieben ist, in grösserer Ausdehnung auf das Fett der eingeführten Nahrung, mit anderen Worten, der Verbrauch an Fett ist um so grösser, je weniger Eiweiss zerstört wird. Bei fettreichen Individuen kann der Fall eintreten, dass weder das aus dem (in geringer Menge) eingeführten Eiweiss abgespaltene, noch das in der Nahrung enthaltene Fett das Umsatzbedürfniss der Zellen zu

Harnstoff mit 2523 cal. bleiben 4913 cal., hieraus berechnen sich 45 pCt. Aber auch nach dieser Berechnungsweise würde die Umwandlung von Albuminaten in Fett nur dann möglich sein, wenn die ganze Spannkraft des Eiweissmolecüls unversehrt ohne gleichzeitig erfolgende Wärmebildung in das daraus entstehende Fett überginge. Dies ist aber ein Vorgang, der ganz ohne alle Analogie im thierischen Körper daständе, denn wir sehen dort alle Spaltungsprocesse unter Freiwerden erheblicher Wärmemengen ablaufen (Zuntz).

befriedigen vermag; es findet unter dieser Bedingung eine Zerstörung des im Körper deponirten Fettes statt, in geringerem Umfange natürlich wie bei reiner Fleischdiät. b) Findet bei gleichmässiger Verabreichung geringer Fleischquantitäten, eine umfangreichere, durch grosse Fettgaben veranlasste Fettresorption statt, als dem Verbrauchsbedürfniss des Organismus entspricht, so gelangt der Ueberschuss des Nahrungsfettes direct zum Ansatz. Der Liebig'schen Theorie gemäss müsste man eine Oxydation des Fettes, das ja zu den respiratorischen Nährstoffen zählte, in jedem Verhältniss voraussetzen können, eine Voraussetzung, welche nothwendig dazu führen musste, den Fettansatz nach reichlicher Fettfütterung bei ausreichendem Eiweissgehalt in der Nahrung auf das aus dem Eiweiss abgespaltene Fett zu beziehen. Lebedeff und J. Munk führten jedoch den sicheren Nachweis, dass überschüssiges Fett nicht der Oxydation unterliegt, sondern zum Ansatz gelangt Ersterer konnte bei Hunden durch längere Zeit fortgesetzte, reichliche Fütterung mit Leinöl ein Fett zur Ablagerung bringen, das seinem chemischen Verhalten nach mit Leinöl sehr nahe übereinstimmte, letzterem glückte es, durch forcirte Rübölfütterung ein Körperfett zu erzielen, das zu $^3/_5$ aus Rüböl bestand und in welchem auch der dem Rüböl eigenthümliche Fettkörper, das Erucin, enthalten war. Ganz unzweifelhaft demonstriren auch diese Versuche die Abhängigkeit der Oxydation von der Zellthätigkeit. Die Grösse des Eiweissverbrauchs, welche vor Allem von der Zufuhr desselben abhängt, ist dasjenige Moment, welches bei gleichbleibender Leistungsfähigkeit der Zellen bestimmend auf die Grösse der Zersetzung der übrigen Stoffe, des Fettes und, wie wir weiterhin sehen werden, auch der Kohlehydrate einwirkt. — Es erübrigt noch, die letzten der im Princip möglichen Combinationen wechselnder Quantitäten von Fleisch und Fett mit Rücksicht auf den Erfolg in Kürze vorzuführen, nämlich c) eine einseitige Steigerung in der Fleischzufuhr und d) eine damit verbundene gleichzeitige des Fettes:

Nahrung		Fleisch-umsatz	Fleisch-änderung am Körper	Fett-umsatz	Fett-änderung am Körper
Fleisch	Fett				
150	250	233	− 83		
250	250	270	− 20		
450	250	342	+ 108		
500	100	491	+ 9	66	+ 34
800	350	635	+ 165	136	+ 214

Der erste dieser Versuche bringt eine Bestätigung des auf Seite 88 über Vermehrung des Eiweissreichthums des Körpers Hervorgehobenen, der letzte zugleich einen Beweis für die Möglichkeit, durch Steigerung

der Fleisch- und Fettmenge eine intensive Aufbesserung des Körperzustandes in doppelter Hinsicht veranlassen zu können.

Der Verdauungsapparat der Herbivoren ist zur Aufnahme grösserer Mengen Fett nicht geeignet, weil eine immer mehr zunehmende Appetitlosigkeit die Futteraufnahme beeinträchtigt. Kleine Mengen von Fett resp. Oel äussern im Allgemeinen dieselbe eiweissersparende Wirkung wie beim Fleischfresser. Ob das mit der Nahrung zugeführte Fett zur Vermehrung des Körperfettes beiträgt oder ob es der Oxydation anheimfällt, regelt sich nach denselben Grundsätzen, welche für die Carnivoren als gültig erkannt worden sind.

II. Fleisch und Kohlehydrate.

Die Kohlehydrate haben für die Ernährung der Pflanzenfresser dieselbe Bedeutung wie das Fett für die Fleischfresser. Letztere verdauen Kohlehydrate übrigens, falls nicht in ähnlicher Weise wie bei übermässigem Fettgenuss Diarrhöen eintreten, ebenso gut als Fett; ein 28 *kg* schwerer Hund J. Munks resorbirte ein Gemisch, bestehend aus 250 *g* Stärke und 250 *g* Zucker neben 200 *g* Fleisch bis auf geringe Reste, ein Quantum von Kohlehydraten, welches in der naturgemässen Nahrung des Fleischfressers wohl auszuschliessen ist. Um die Wirkung eines Gemisches von Kohlehydraten und Fleisch zu erproben, eignet sich der Fleischfresser demnach in ebenso hohem Masse als zu den vorher berührten Stoffwechselversuchen.

Das Ergebniss aller mit Stärkemehl, Trauben-, Frucht-, Milch-, Rohr-Zucker ausgeführten quantitativen Stoffwechselversuche lässt sich in den wenigen Worten zusammenfassen: Die Kohlehydrate leisten in Bezug auf die Ersparnisse im Eiweiss- und Fettumsatz im Allgemeinen dasselbe wie das Fett, es gilt daher mit wenigen Modificationen alles das, was über die bei Fleisch- und Fettkost erhaltenen Resultate mitgetheilt worden ist, auch für ein aus Kohlehydraten und Fleisch bestehendes Gemisch.

Die Grösse des unter Einfluss der Kohlehydrate gesparten Eiweiss in Procenten der vorher ohne Kohlehydrate zerstörten Eiweissmenge ausgedrückt, beträgt fast ebenso viel als beim Fett, nämlich 9 pCt. im Mittel, im Maximum 15 pCt. Das Körperfett fällt auch hier bestimmend in die Wagschale; es findet bei gleichem Verhältniss zwischen Fleisch und Kohlehydraten des Nahrungsgemisches in einem fetten Körper eine grössere Ersparung statt, als in einem mageren.

Gleichen Ernährungszustand vorausgesetzt, sehen wir dort eine günstigere Sparwirkung eintreten, wo in dem Verhältniss zwischen Kohlehydraten und Fleisch erstere prävaliren.

Die geringsten Quantitäten Fleisch und Kohlehydrate, mit denen N-Gleichgewicht herzustellen ist, richten sich nach dem jeweiligen Zustand des Organismus: sie stehen höher, wenn der Organismus über relativ grosse Eiweissmengen disponirt und tiefer,

wenn er arm an Eiweiss resp. reich an Fett ist. Ein und derselbe Hund Voit's brauchte bei gutem Ernährungszustand pro Kilogramm Körpergewicht annähernd 24 *g* Fleisch und 7,5 *g* Stärke, bei minder gutem 15 *g* Fleisch und 6 *g* Stärke, ein Hund J. Munk's, welcher einen 31 tägigen Hungerversuch überstanden, nur 7,4 *g* Fleisch und 18,5 *g* Stärke und Zucker zur Erreichung des N-Gleichgewichts.

Die Zeitdauer, welche man benöthigt, um N-Gleichgewicht herbeizuführen, ist verhältnissmässig kurz, wenn relativ kleine Mengen von Kohlehydraten in der Nahrung vertreten sind.

Enthält das Futtergemisch relativ reichliche Quantitäten Kohlehydrate, so ist der **Fleischansatz** grösser, und es tritt erst nach längerem Zeitraum, N-Gleichgewicht ein.

Einseitige Vermehrung der Kohlehydrate bringt dagegen nicht wie das Fett in relativ sehr grossen Mengen eine Steigerung des Eiweissumsatzes zu Wege, so dass der Eiweissansatz ausserordentlich begünstigt erscheint, wie dies aus einem Versuche Voit's hervorgeht:

Nahrung		Fleischumsatz	Fleischänderung am Körper
Fleisch	Zucker		
500	100	537	− 37
500	200	505	− 5
500	300	466	+ 34

Wie weit die eiweisssparende Wirkung hoher Kohlehydratgaben sich erstrecken kann, lehrt folgender Versuch von J. Munk:

Nahrung		Fleischumsatz	Fleischänderung am Körper
Fleisch	Stärke und Zucker		
200	250	263	− 63
200	300	223	− 23
200	500	201	− 1
200	500	172	+ 28
200	500	132	+ 68
200	500	168	+ 32
200	500	122	+ 78

Zur Zeit der Zunahme um 78 *g* Fleisch wog der Hund 27,9 *kg*. Der Fleischumsatz beziffert sich somit auf 4,4 *g* Fleisch und 0,98 *g* Eiweiss pro Körperkilogramm, der niedrigste Werth, welcher bisher an

einem Hunde zur Beobachtung gelangte*); am 20. und 22. Hungertage, wo das Minimum der Zersetzung in der Hungerperiode erreicht war (160 *g* Fleisch) betrug der Umsatz pro Kilogramm 5,2 *g* Fleisch.

In nicht ganz unbeträchtlichem Masse beeinflussen die Kohlehydrate auch den **Fettbestand** des Organismus, einigermassen von der Wirkung des Nahrungsfettes unter analogen Verhältnissen abweichend. Sehr instructiv erweisen sich in dieser Beziehung ebenfalls die Versuche a) mit steigendem Gehalt an Kohlehydraten in der Nahrung bei constanter Fleischmenge. Giebt man zu einer grösseren, zur Erhaltung des N-Gleichgewichts an sich ausreichenden Quantität Fleisch 1500 *g*) ein Kohlehydrat, z. B. Stärkemehl in geringeren Quantitäten, so wird nicht etwa so viel C im Organismus zurückgehalten, als in der eingeführten Stärke enthalten war, wie dies bei Fettzulage beobachtet werden konnte, sondern der gesammte Kohlestoff erscheint als CO_2 in der Exspirationsluft. Dass die Vermehrung der CO_2-Ausscheidung auf eine Zersetzung der Kohlehydrate beruht, beweist die Grösse des respiratorischen Quotienten, welche nach Pettenkofer und Voit im Mittel 106 beträgt (bei Hunger 72, bei Fleischkost 78, bei Fleisch und Fett 85). Die 100 überschreitende Zahl deutet auf eine durch die Zersetzung der Kohlehydrate veranlasste Abgabe von Wasserstoff oder Kohlewasserstoffen hin. Stimmt die Ausgabe an C mit der Einnahme überein, so hat man Grund anzunehmen, dass die Kohlehydrate das im Körper vorhandene Fett vor der Zersetzung geschützt haben. Gewöhnlich lässt sich aber schon unter erwähnten Voraussetzungen, bei mittleren Mengen Kohlehydraten (150—200) sicher ein Zurückhalten von C constatiren, was unzweifelhaft für einen Fettansatz spricht. Ist nun dieses Fett aus Eiweiss oder Kohlehydrat entstanden?

Die Entscheidung dieser Frage wird erleichtert, wenn wir den Effect steigender Fleischquantitäten bei annähernd gleichbleibenden Kohlehydratmengen ins Auge fassen (analog dem Fall bei Ic S. 92).

Fleisch-verbrauch	Kohlehydrate	Fettänderung am Körper
436	211	− 8
568	167	+ 20
1475	172	+ 43

Es nimmt hiernach der Fettzusatz mit steigenden Eisweissmengen zu, unzweifelhaft in Folge von Ablagerung C-haltiger Spaltungsproducte

*) Rubner beobachtete bei einem Hunde von 6,5 *kg* nach vorangegangenem Hungern bei alleiniger Zufuhr von 80—100 *g* Rohrzucker einen Fleischumsatz von 4,8 *g* Fleisch pro Kilogramm Körpergewicht.

des Eiweiss als Fett. Man wird also nicht fehlgehen mit der Annahme: Bei Verfütterung grösserer Mengen Fleisch neben mittleren Quantitäten Kohlehydraten entsteht das Fett aus dem Eiweiss, da die Umsetzung der Kohlehydrate das aus dem Eiweiss abgespaltene C-haltige Material vor weiterer Zersetzung schützt; dass jedoch das Fleisch unter allen Umständen als ausschliessliche Quelle für die Fettbildung anzusehen ist, kann zur Zeit sicher verneint werden. Dies geht aus dem bereits oben erwähnten Versuche J. Munks (S. 92) zur Evidenz hervor. Eine Bildung von Fett aus Kohlehydraten lässt sich weiterhin in augenfälliger Weise b) bei Verfütterung geringer Fleischmengen und grosser Quantitäten Kohlehydrate bei einem niedrigen Fettbestand des Körpers erweisen. Verfügt der Organismus über ein nicht zu stark angegriffenes Fettlager, so kann trotz mittlerer Fleisch- und Kohlehydratgaben Fett vom Körper zu Verlust gehen, wie ein Versuch von Pettenkofer und Voit beweist:

Nahrung		Fettänderung am Körper
Fleisch	Kohlehydrate	
400	211 Stärke	– 8
400	227 Zucker	– 27

Die zur Demonstration der Fettbildung aus Kohlehydraten nothwendigen Vorbedingungen waren in dem S. 92 citirten Versuch Munks sämmtlich erfüllt und die Section des Versuchsthieres ergab eine derartige Menge von neugebildetem, im Panniculus, in den Körperhöhlen, zwischen Muskeln, Fascien und in der Leber abgelagertem Fett, dass selbst unter der unbedingt zu hohen Annahme einer Bildung von 51,4 pCt. Fett aus 100 Theilen Eiweiss die Entstehung des vorgefundenen Fettes nicht zu erklären war. Es gab keine andere Möglichkeit, als die Bildung mindestens der Hälfte des neugebildeten Fettes auf die Kohlehydrate zurückzuführen, aus denen bei ungünstigster Berechnungsweise 4,9 pCt., mit grösserer Wahrscheinlichkeit 8,3 pCt. Fett hervorgegangen sein konnten. Rubner gelangt zu demselben Resultat durch Verfütterung von 100 *g* Rohrzucker, 85 *g* Stärke und 4,7 *g* Fett an einem kleinen Hunde. 31,1 *g* C wurden mindestens im Körper zurückbehalten, so dass die Betheiligung der Kohlehydrate an der Fettbildung auch für die Carnivoren sicher gestellt ist. Für andere Thiergattungen hat sich die Wahrscheinlichkeit einer directen Umbildung von Kohlehydraten in Fett durch frühere Versuche ergeben, so durch Weiske und Wildt (1874), Soxhlet (1881), Meissl und Strohmer (1883) für das Schwein, durch Henneberg (1881) für das Schaf, durch B. Schulze (1882), Tschirwinsky (1883) und Chaniewski (1884) für die Gans. Ueber den Modus der Fettbildung aus Kohlehydraten gewähren Hoppe-Seyler's Untersuchungen über die bei

Fäulniss der Kohlehydrate auftretenden Zersetzungsproducte einige Anhaltspunkte. Neben flüchtigen fetten Säuren (Ameisen-, Essig-, Propion-, Butter-, Capron- und Milchsäure) bilden sich unter Einwirkung der Fäulnissfermente auch höher constituirte, feste Fettsäuren, welche weiteren Zersetzungsprocessen weniger leicht anheimfallen als die niederen Fettsäuren. J. Munk vertritt nun die Anschauung, dass derjenige Bruchtheil von reichlich eingeführten Kohlehydraten, welcher nicht unmittelbar zu CO_2 und H_2O umgesetzt wird, der fermentativen Spaltung in den Geweben in der Weise anheimfällt, dass neben flüchtigen Fettsäuren, die weiter zerfallen, feste Fettsäuren gebildet werden, welche der Zersetzung entgehen. Aus diesen festen Fettsäuren entstehen durch Synthese, durch Paarung mit Glycerin die entsprechenden Neutralfette. Den Beweis für das Zustandekommen einer derartigen Synthese liefern die früher schon hervorgehobenen Fütterungsversuche mit festen Fettsäuren des Hammeltalgs, wodurch J. Munk zeigen konnte, dass anstatt des oleinreichen Hundefettes überwiegend stearinreiches Neutralfett im Organismus des Hundes abgelagert wurde.

d) Bei gleichzeitiger Steigerung der Eiweisssubstanzen und der Kohlehydrate in der Nahrung lässt sich auf Grund der soeben angeführten thatsächlichen Unterlagen die Ansicht von einer Concurrenz in der Vermehrung des Fettreichthums am Körper sowohl des Eiweiss als auch der Kohlehydrate nicht mehr von der Hand weisen. Eine erhebliche Steigerung des Eiweissansatzes wird natürlich in diesem Falle ebenfalls zu beobachten sein.

Die Grösse des in Fett direct übergehenden Antheils der Kohlehydrate ist verhältnissmässig gering. Während vom Nahrungsfett günstigen Falls 55 pCt.*) als Körperfett Verwendung finden, wird aus überreichlich gegebenen Kohlehydraten nur 2—6 pCt. Fett am Körper abgelagert. Sicherlich leisten in Bezug auf directe Fettproduction die Kohlehydrate weniger als das Fett. Das Eiweiss kommt als Fettproducent in dritter Linie ebenfalls in Betracht, und es drängen sich naturgemäss die Fragen auf, wie gestaltet sich die Fettproduction bei einem Eiweiss, Fett und Kohlehydrat enthaltenden Futter und in welchen Gewichtsverhältnissen vertreten sich die genannten Nährstoffe gegenseitig, N-Gleichgewicht vorausgesetzt, wenn durch einen derselben auch die Fettabgabe vom Körper verhütet, der Fettbestand des Körpers nur erhalten, nicht vermehrt werden soll?

Auf die Erörterung dieser Punkte einzugehen, empfiehlt sich leichterer Uebersicht wegen erst bei Besprechung der für die Mästung günstigen Bedingungen.

Zunächst nimmt unser Interesse eine Reihe anderweitiger organischer

*) Nach Fütterung eines Hundes mit 2,2 *kg* Rüböl fand J. Munk 2 *kg* Fett abgelagert, welches, da es zu $^3/_5$ aus Rüböl bestand, 1,2 *kg* Rüböl enthalten musste.

Substanzen in Anspruch, über deren Classificirung als Nährstoffe nothwendig eine Entscheidung getroffen werden muss, da dieselben sehr häufig von dem Thiere mit der Nahrung aufgenommen werden.

D. Verhalten bei Zufuhr von anderweitigen organischen Substanzen.

I. Leim und Amidoverbindungen.

Leim und leimgebendes Gewebe (Knochengrundsubstanz, Knorpel und Bindegewebe) verhalten sich, obgleich vom Eiweiss abstammend, im Organismus nicht mit letzterem gleichartig. Zwar findet unter Einfluss der Leimfütterung eine Ersparung von Eiweiss in noch höherem Grade statt wie bei Verfütterung von Fett und Kohlehydraten — 100 *g* Leim ersparen ebenso viel als 200 *g* Kohlehydrate — es gelingt dagegen in keinem Falle, selbst durch die grössten Leimquantitäten allein oder im Verein mit Fett und Kohlehydraten die Eiweissabgabe vom Körper völlig aufzuheben. Um dies zu erreichen, lässt sich die Beigabe von Fleisch nicht umgehen, ein Umstand, welcher gleichzeitig für die Unmöglichkeit der Umbildung leimgebender Substanzen zu Eiweiss im Organismus spricht. Der Grad der Eiweissersparung hängt wesentlich von der verfütterten Fleischmenge ab (1,2), sodann aber auch von der Leimquantität (3).

Nr.	Nahrung		Fleisch-umsatz	Fleisch-änderung am Körper
	Fleisch	Leim		
1	500	0	522	− 22
	500	200	446	+ 54
2	2000	0	1970	+ 30
	2000	200	1624	+ 376
3	200	200	318	− 118
	200	300	382	− 82

Auf den Fettansatz wirkt Leim in geringerem Grade ein als Fette und Kohlehydrate. Ein Hund von Pettenkofer und Voit verlor bei Aufnahme von 200 *g* Leim nur 15 *g* Eiweiss und 33 *g* Fett, am 10. Hungertage dagegen noch 37 *g* Eiweiss und 83 *g* Fett; somit haben 100 *g* Leim 25 *g* Fett gespart. Wahrscheinlich zerfällt der Leim ebenso wie das Eiweiss bei der Dissociation seines Molecüls in einen N-haltigen und einen N-freien Theil, von denen der letztere zu CO_2 und H_2O oxydirt wird und dadurch Körperfett bezw. das aus zerfallenem Eiweiss stammende C-haltige Material vor weitergehender Zer-

setzung schützt. Der N-haltige Antheil erscheint vollständig in der dem verfütterten Leim proportionalen Menge als Harnstoff im Harn.

Zu einer analogen Harnstoffvermehrung führten Fütterungsversuche mit einer aus der Zersetzung des Leims hervorgehenden Amidoverbindung, dem Glycocoll. Hatten die Bemühungen, mit dem hoch constituirten Leim einen Eiweissansatz herbeizuführen, ein negatives Resultat ergeben, so war von den weitaus einfacheren Amidoverbindungen nichts besseres zu erwarten. Da die Schwefelsäure des Harns bei Verfütterung von Glycocoll keine Steigerung erfährt (Salkowski), so geht daraus einmal hervor, dass der Harnstoff nicht von einer Vermehrung des Eiweisszerfalles herrührt, sondern in der That vom Uebergang des Glycocoll in Harnstoff, im Einklang mit den Angaben von Schultze und Nencki und ferner, dass auch nicht einmal von einer eiweisssparenden Wirkung die Rede sein kann, weil N und S im Harn vermindert hätten auftreten müssen. Ein kleiner Theil des Glycocoll ging unverändert in den Harn über, von Methylglycocoll (Sarkosin) ein etwas grösserer.

Um so auffallender mussten die Ergebnisse der von Weiske mit Asparagin an Hammeln und Gänsen und je einem milchenden Schaf und einer Ziege erzielten Fütterungsversuche erscheinen, nach welchen dieser in der Pflanzenwelt weit verbreiteten Amidoverbindung eine eiweisssparende Wirkung zukommen sollte. Die Erfahrung, dass junges, an Säureamiden und Amidosäuren reicheres Weidegras vortheilhafter für die Milchproduction ist, als die entsprechenden Pflanzen in älteren Stadien, hatte Weiske bestimmt, auch Thiere in der Lactationsperiode auszuwählen. Er konnte die Hälfte des verdaulichen Eiweiss im Futter (1 *kg* Heu, 400 *g* Kleie) durch eine, dem N-Gehalt nach gleiche Menge von Asparagin ersetzen, ohne dass sich bezüglich der Milchproduction und des Körpergewichts eine wesentliche Aenderung bemerklich machte. Für den Hund vermochte indess J. Munk mit aller Sicherheit nachzuweisen, dass das Asparagin, gleichviel, ob bei reiner Fleischnahrung oder bei einem aus Fleisch und Kohlehydrat gemischten Futter, weit davon entfernt ist, etwa nach Art des Leims, eiweissersparend zu wirken. Nicht unwesentlich fällt für Beurtheilung der Frage ins Gewicht, dass auch bei einem der Weiske'schen Versuchshammel der Eiweissansatz nach Asparaginfütterung ausblieb.

Im Allgemeinen gebührt somit den Amidoverbindungen unter den Nährstoffen kein Platz.

II. Verhalten bei Zufuhr von Alkohol und Glycerin.

Der Alkohol gelangt hin und wieder mit den vom Brennereibetrieb herrührenden Rückständen seitens der Hausthiere zur Aufnahme. Einwurfsfreie Prüfungen der Einwirkung auf den Stoffumsatz führten am Hunde Fockert, sowie J. Munk aus. Bei mässigen, Erregung veranlassenden Gaben (1 *ccm* Alkohol absol. p. Kilogramm Körpergewicht) trat eine nicht unbedeutende, 6—7 pCt. betragende Verringerung der

N-Ausscheidung ein, bei grösseren, sehr bald betäubend wirkenden Dosen (2,5—3 *ccm* pro Kilogramm) sah Munk den Eiweissumsatz um 4—10 pCt. ansteigen. Ein analoges Verhalten constatirten Böck und Bauer bezüglich des Fettumsatzes. Stumpf gab einer Ziege 6—100 *ccm* Alkohol mit Wasser verdünnt und erzielte eine fettreichere Milch als sonst. Weiske und Flechsig liessen einen Hammel in einer zehntägigen Versuchsperiode durchschnittlich täglich 112 *ccm* 5 procentigen Alkohol consumiren (1 *ccm* Alkohol absol. pro Kilogramm Körpergewicht), ohne dass ein bemerkbarer Einfluss auf den Eiweisszerfall zu constatiren gewesen wäre; grössere Quantitäten (2 *ccm* pro Kilogramm) schienen eine Steigerung im Gefolge gehabt zu haben. v. Voit ist geneigt, auf Grund der Verminderung der CO_2-Abgabe bei kleinen und mittleren Gaben dies auf eine Beeinträchtigung der Umsatzfähigkeit den Zellen zurückzuführen; die Vermehrung der CO_2 in der Exspirationsluft nach gesteigerter Alkoholzufuhr sei auf eine, dem soporösen Stadium vorangehende, erhöhte Muskelthätigkeit zu beziehen. Untersuchungen von Bodländer scheinen zwar auf eine Sparwirkung des Alkohol hinzudeuten, die Versuchsanordnung kann jedoch nicht als gänzlich einwandsfrei betrachtet werden; auch die Versuche von Wolfers und Zuntz haben eine Entscheidung in dieser Hinsicht nicht herbeigeführt.

Dagegen kann bezüglich des Glycerin, eines 3-atomigen Alkohols, als feststehend gelten, dass in Dosen von 1—2 *g* pro Kilogramm Körpergewicht eine Sparwirkung bezüglich des Eiweissumsatzes nicht eintritt, obwohl es in dieser Gabe vollständig zersetzt wird (J. Munk). v. Arnschink stellte weiterhin fest, dass Dosen von ca. 8 *g* Glycerin pro Kilogramm Hund die N-Ausscheidung unverändert lassen, hingegen grössere Dosen (ca. 12 *g* pro Kilogramm) dieselbe vermehren. Kanera ermittelte durch Selbstversuche eine hervorragende Betheiligung der Harnsäure an der anwachsenden N-Ausscheidung. An 17 Normaltagen wurden im Mittel 14,31 *g* N durch den Harn, 1,72 *g* durch die Fäces, also im Ganzen 16,03 *g* ausgeführt. Die tägliche Harnsäuremenge betrug durchschnittlich 0,671 (0,622—0,701) *g*, an den Glycerintagen (30—200 *g*) im Durchschnitt 0,826 (0,7—1,149 *g*). Auch eine Verminderung des Fettverbrauchs will Tschirwinsky nicht zugeben, weil nach Darreichung grösserer Mengen von Glycerin ein stark reducirender Stoff oder sogar Glycerin als solches im Harn auftritt, eine Erscheinung, die sonst bei keinem, den Fettverbrauch beschränkenden Nährstoffe zu beobachten sei. Dieser Ansicht ist nach den Untersuchungen von Arnschink nicht beizupflichten; die C-Abgabe in der Exspirationsluft eines Versuchshundes erhöhte sich zwar nach Glycerinfütterung, diese Vermehrung ist aber immerhin geringer, als dem C-Gehalt des aufgenommenen Glycerin entspricht. Es ist also das Glycerin im Stoffwechsel für einen Theil des täglich zersetzten Fettes eingetreten, d. h. es ist Fett gespart. 20,9—37 pCt. passiren den Organismus unzersetzt.

III. Verhalten bei Zufuhr von Cellulose.

Cellulose bildet einen stets vertretenen, keineswegs zu vernachlässigenden Bruchtheil der Pflanzenfressernahrung Die Ansichten über den Nährwerth der Cellulose basirten meist auf Fütterungsversuchen, welche mit verschiedenen Strohsorten angestellt waren, ohne Berücksichtigung der im Stroh vertretenen, den Nähreffect modificirenden anderweitigen Substanzen (Haubner, Henneberg, Stohmann, Sussdorf, v. Hofmeister u. A.). Deren Wirkung zu eliminiren wurde von Weiske, Schulze und Flechsig versucht. Ein Hammel erhielt zu diesem Zweck in der ersten Fütterungsperiode 500 *g* Bohnenschrot, in der darauf folgenden 490 *g* Schrot und 515 *g* Haferstroh, dessen Verdaulichkeit durch alleinige Fütterung mit diesem Material vorher festgestellt worden. Im Haferstroh selbst befanden sich 3,69 pCt. Eiweiss, 2,31 pCt. Aetherextract, 41,86 pCt. Cellulose (Rohfaser), 44,17 pCt. N-freie Extractstoffe, 7,97 pCt. Asche. Das Versuchsthier hatte davon resorbirt 13,92 pCt. Eiweiss, 44,3 pCt. Aetherextract, 47,48 pCt. Rohfaser, 41,88 pCt. N-freie Extractstoffe und 21,23 pCt. Asche. In der 3. Periode bestand das Futter aus 500 *g* Bohnenschrot, 180 *g* Stärke, 20 *g* Zucker und 6 *g* Kochsalz; die Menge des verdaulichen Eiweiss war in allen Mischungen dieselbe. Das Ergebniss macht die Tabelle ersichtlich:

Fütterungs-Periode	N-Aufnahme	N-Abgabe			N am Körper
		Harn	Fäces	Sa.	
I.	22,62	20,93	2,11	23,04	− 0,42
II.	24,82	16,82	5,24	22,06	+ 2,76
III.	22,75	14,94	2,72	17,66	+ 5,09

Somit hatte in der II. und III. Periode eine Verminderung des Eiweissumsatzes stattgefunden. Es lag nahe anzunehmen, dass die bei dem Haferstroh beobachtete Wirkung nicht von der Cellulose desselben abhängt, sondern von dem Gehalt an N-freien Extractivstoffen. Um diese Vermuthung zu prüfen, erhielt das Thier 500 *g* Bohnenschrot und 83,4 *g* Stärke und Zucker (Trockensubstanz) als Ersatz für die in dem Haferstroh als vorhanden anzunehmenden N-freien Extractivstoffe. Das Resultat war ein der Wirkung des Haferstroh ganz entsprechendes: es gelangten 2,89 *g* N zum Ansatz. Die reine Cellulose des Haferstroh übt also keine eiweisssparende Wirkung aus, sondern lediglich die N-freien Extractivstoffe des Rohmaterials. Zur Sicherung des gewonnenen Resultats wiederholte Weiske einen von v. Knierim an Kaninchen ausgeführten Versuch, nach welchem der verdaute Antheil der Rohfaser bis zu 15 pCt. des zersetzten Eiweiss betragen sollte. Die auf Grund der Weiskeschen Versuchsanordnung erhaltenen Endergebnisse waren vollkommen dieselben wie beim Hammel: im Gegensatz zu

v. Knierim konnte keinerlei ersparende Wirkung der Cellulose konstatirt werden. Henneberg, Stohmannn u. A. schreiben auch heute noch der Cellulose einen Nährwerth zu, wohingegen E. Wolff sich der Weiske'schen Ansicht zuneigt (cf. Arbeitsfutter).

Einfluss der Arbeit auf den Stoffumsatz.

Die Erkenntniss aller bisher erörterten gesetzmässigen Stoffwechselvorgänge beruht auf Untersuchungen, welche an ruhenden Thieren angestellt worden sind. Während der Arbeit tritt eine Veränderung in der Qualität der Umsetzungsprocesse den im Ruhezustand sich abspielenden gegenüber nicht ein, wohl aber findet nach der quantitativen Seite eine Abänderung statt. Sobald an eine in ruhigem Gange befindliche Maschine erhöhte Anforderungen gestellt werden, so kann denselben nur dann Genüge geleistet werden, wenn mehr Brennmaterial zur Disposition steht als für die geringere Leistung verlangt wurde.

In einem analogen Verhältniss befindet sich der Organismus. Auch während des bestmöglichen Ruhezustandes, im Schlaf, ist von absoluter Ruhe keine Rede, die Respirationsmusculatur und das Herz, die glatte Musculatur des Verdauungstractus etc., befinden sich in dauernder periodischer Thätigkeit.

Soll Arbeit auch nach aussen hin geleistet werden, so müssen noch weitere Maschinenorgane, die Skelettmuskeln, in Function treten. N-haltiges und N-freies Brennmaterial wird nach wie vor dem Zerfall anheimfallen, es frägt sich nur, in welcher Ausdehnung — Auf ganz allgemeine Erfahrungen gestützt, sprach J. v. Liebig die Ansicht aus, dass in der Umsetzung der N-haltigen Bestandtheile des Muskels die Quelle der mechanischen Effecte des Körpers gesucht werden müsse; die Arbeitsleistungen der Individuen sollten hiernach im Verhältniss stehen zu ihrer Muskelmasse und ihre Dauer im Verhältniss zu der Zufuhr N-haltiger Stoffe, welchen allein die Fähigkeit zugeschrieben wurde, für die umgesetzten Theile der Muskelmasse stets den nothwendigen Ersatz zu leisten.

Im Jahre 1860 veröffentlichte C. v. Voit eine Reihe von Versuchen, welche in directem Widerspruch mit der damaligen herrschenden Theorie standen. Es wurde durch dieselben der Nachweis geführt, dass die Eiweisszersetzung, gemessen durch die N-Ausscheidung, von der Muskelarbeit unter gewöhnlichen Verhältnissen unabhängig sei, vielmehr stehe die körperliche Anstrengung (Laufen im Tretrade) mit einer nachweisbaren Steigerung der C-Ausscheidung in causalem Zusammenhange. Spätere (1866) an einem grossen, fetten Hund im Hungerzustand mit grösster Sorgfalt angestellte Versuche Voits bestätigten die früheren Ergebnisse in schlagender Weise. Es betrug in den Versuchen bei 8stündigem Laufen im Tretrade die Harnstoffmenge nicht mehr als im Ruhestand; in einem derselben:

Tag	Wasser-Aufnahme	Harnstoff	
1	320	11,6	Ruhe
2	367	11,6	Ruhe
3	1000	11,2	Laufen
4	800	12,5	Ruhe
5	490	11,8	Ruhe

Beim Menschen ergab sich in allen den Fällen, in welchen mit genügender Genauigkeit untersucht wurde, dasselbe Resultat. Nur dann, wenn die Muskelarbeit zur Dispnoe führte, konnte bei sonst ausreichender Kost eine Steigerung der N-Ausscheidung nachgewiesen werden.

In scheinbarem Widerspruch mit Voit's Theorie standen die von E. Wolff erhaltenen anfänglichen Untersuchungsergebnisse am Pferde. Die Berechnung der an einem Brems-Göpelwerk geleisteten Arbeit wurde ermöglicht durch die Ermittelung des Pferdezuges, welcher durch verstärkte Reibung im Bremswerk beliebig erhöht werden konnte, des Umfanges der Kreisbahn, in welcher das Pferd sich bewegte, der Zahl der zurückgelegten Touren und der Zeit, innerhalb welcher die Arbeit verrichtet wurde. Nach 300maligem Durchschreiten der 26,39 *m* betragenen Kreisbahn hatte das Pferd einen Weg von 7,917 *km* zurückgelegt; diese Zahl mit dem jeweiligen Pferdezug, z. B. mit 60 *kg*, multiplicirt, ergiebt als Arbeitsleistung am Göpel 475 000 Kilogrammmeter. Hierzu war ausserdem die Kraft zu addiren, welche das Pferd durch seinen eigenen Transport ausübte. Annähernd entsprach die horizontale Fortbewegung des 500 *kg* schweren Pferdes in 100 Umgängen des Göpels (à 26,39 *m*), einer Leistung von 10 000 Kilogrammmeter, die für die verticale Erhebung der Körpermasse erforderliche Arbeit rund 40 000 Kilogrammmeter. Die Gesammtarbeit bei 300 Umgängen und 60 *kg* Pferdezug ist also auf 475 000 + 30 000 + 120 000 = 625 000 Kilogrammmeter zu bewerthen. Die Zeitdauer für 300 Umgänge belief sich auf ca. 3 Stunden. Bei constantem Futter (5 *kg* Wiesenheu, 6 *kg* Hafer, 1,5 *kg* Weizenstrohhäcksel, mit verdaulichem Rohprotein 814,1, N-freien Extractstoffen 4111,4, Rohfett 199,6, Rohfaser 736,7 *g*) und variirender Arbeit erhielt Wolff im Mittel von 5, auf je 14 Tage bemessenen Perioden als Ergebniss:

Periode	Umgänge	Zugkraft *kg*	Arbeit *kgm*	N im Harn *g*	Körpergewicht *kg*	Tränkwasser *kg*	Harnmenge *ccm*
I.	300	60	625 000	99,0	534,7	36,17	7021
II.	600	60	1 250 000	109,3	528,3	39,38	6741
III.	900	60	1 875 000	116,8	522,7	44,00	8383
IV.	300	120	1 100 000	110,2	508,7	40,35	8974
V.	300	60	625 000	98,3	519,3	32,06	9809

Aus der Menge des Harnstickstoffs in den obigen Versuchen sieht man deutlich, dass die Steigerung der Tagesarbeit eine Zunahme desselben, die Arbeitsverminderung eine Abnahme zur Folge hatte. Unzweifelhaft erscheint der Eiweisszerfall im Körper des Thieres durch die Höhe und Dauer der Muskelthätigkeit quantitativ beeinflusst. Offenbar war das Futter nicht ausreichend, um Ersatz für die erhöhten Ansprüche an die Körperkraft zu bieten; der Organismus zehrte von seinem Bestand, und zwar in Ermangelung von N-freien Bestandtheilen von seiner Muskelmasse. Dass es sich um einen Mangel an N-freien Bestandtheilen im Futter handelte, beweisen weitere Stoffwechselversuche.

Vermehrung der N-haltigen Futterbestandtheile bewirkte nämlich, ganz ebenso wie im ersten Versuch, ein Ansteigen der N-Ausscheidung bei der Arbeit.

Periode	Umgänge	Zugkraft *kg*	Arbeit *kg-m*	N im Harn *g*	Körpergewicht *kg*	Tränkwasser *kg*	Harnmenge *ccm*
I.	300	76	808 000	198,6	496,8	30,6	10 168
II.	900	76	2 424 000	224,0	471,0	37,3	11 650
III.	300	76	808 000	199,6	458,0	32,2	10 528

Auch hier konnte das Futter (7,5 *kg* Wiesenheu und 4 *kg* Ackerbohnen, enthaltend an verdaulichen Substanzen 1367,1 *g* Rohprotein, 3044,8 N-freie Extractstoffe, 30,6 Rohfett, 922,6 Rohfaser), trotzdem die darin enthaltene Menge des N, im Vergleich mit dem ersten Versuch, fast auf das Doppelte erhöht war, nicht als genügend angesehen werden, um den Verlust von Körpergewebe — mangelnden Körperfettes wegen auch in diesem Falle Muskelmasse — zu verhüten. — Als man in einem dritten Versuch die N-freien Futterbestandtheile absolut und relativ erhöhte (10 *kg* Wiesenheu, 2 *kg* Ackerbohnen uud 3 *kg* Hafer mit ca. 1117,2 *g* verdaulichem Rohprotein, 4542,8 N-freien Extractstoffen, 245,4 Rohfett und 987,8 Rohfaser), blieb die N-Ausfuhr fast genau dieselbe, gleichviel, ob das Thier stark oder mässig arbeitete.

Periode	Umgänge	Zugkraft *kg*	Arbeit *kgm*	N im Harn *g*	Körpergewicht *kg*	Tränkwasser *kg*	Harnmenge *ccm*
I.	900	76	2 424 000	174,4	520,5	36,0	10 023
II.	300	76	808 000	168,9	542,9	32,3	9 787

Bei gesteigerter Arbeit befand sich das Pferd in den ersten beiden Versuchen augenscheinlich in derselben Lage, wie ein Thier, das zuerst Eiweiss mit viel, sodann mit wenig Kohlehydraten erhalten hat. Die Er-

höhung des Eiweissumsatzes wäre auch in jenen Versuchen ausgeblieben, wenn gleichzeitig mit der Steigerung der Arbeit eine Zufuhr genügender Quantitäten N-freier Nährstoffe verbunden gewesen wäre. In der zweiten Versuchsreihe beträgt z. B. (unter Umrechnung des verdauten Fettes auf das Stärkemehl-Aequivalent, durch Multiplication mit dem Factor 2,40)*) die Gesammtmenge der organischen, verdaulichen Substanz 5409 *g*. Ohne Zweifel würde durch eine Beigabe von 1836 *g* an absolut verdaulichem Stärkemehl, wodurch eine Erhöhung auf die Gesammtmenge von 7245 *g* verdaulicher Substanz des dritten Versuches eingetreten wäre, einem Verlust von N-haltigem Körpermaterial vorgebeugt worden sein. Es geht aus diesem Versuche, in Uebereinstimmung mit den am Fleischfresser und am Menschen erhaltenen Ergebnissen hervor, dass die N-freien Nährstoffe bei ihrer Verbrennung im Organismus zur Quelle von Muskelkraft werden oder vielmehr die bei einem gewissen Ernährungszustand mögliche Arbeitsleistung, ohne Veränderung in der Condition, andauernd auf gleicher Höhe erhalten.

Selbstverständlich muss in jedem Futter wenigstens ein Minimum von verdaulichem Eiweiss vorhanden sein. In den Wolff'schen Versuchen war es bei der Arbeit am Göpel im ruhigen, gleichmässigen Schritt und bei einem mittleren Ernährungszustand des Thieres anscheinend genügend, wenn im täglichen Futter pro Kilogramm Körpergewicht 1 *g* verdauliches Eiweiss (neben ausreichenden Mengen N-loser Nährstoffe) dargeboten wurde. Entsprechend der Entwickelung der Muskulatur und dem jeweiligen Ernährungszustand wird bei gleichem Körpergewicht der Eiweissgehalt des Organismus variiren. Unter sonst gleichen Verhältnissen beansprucht ein fettarmes aber muskulöses Thier zur Erhaltung seiner Muskelmasse und zur Ermöglichung gleichmässiger, angestrengter Arbeit eine reichlichere Eiweisszufuhr, als ein solches, das bei relativ schwächer entwickelter Muskulatur mit einem ansehnlicheren Fettpolster ausgestattet, dementsprechend auch weniger zu leisten vermag. Für mittlere Arbeitsleistungen kräftiger Acker- oder Zugpferde kann man das Minimum der Zufuhr an verdaulichem Eiweiss im Durchschnitt auf 1,33 *g* veranschlagen.

Recurriren wir wieder auf das Beispiel mit der Dampfmaschine, so ergiebt sich folgende Analogie. Die Verbrennung der Steinkohlen liefert zwar die Arbeit, aber eine Abnutzung der eisernen Maschinentheile findet dennoch statt, obwohl die Arbeit nicht auf Kosten des Eisens erfolgt. Gegenüber dem Kohlenverbrauch fällt der Eisenverbrauch nicht ins Gewicht, ist jedoch an sich nicht gerade unbedeutend. Nach einer Berechnung der Techniker beziffert sich in Deutschland der jährliche, durch Abnutzung allein an den Rädern entstehende Verlust auf 30 000 Ctr. Eisen, entsprechend 4400 Rädern. Dieser Abgang muss durch neu zugeführtes Material ausgeglichen werden, falls der Betrieb unverändert erhalten bleiben soll; in gleicher Weise erhält und regenerirt

*) Näheres hierüber siehe bei dem Abschnitt »Nahrung«.

sich die Muskelmasse auf Kosten des N-haltigen Materials. Der Körper besitzt aber eine Fähigkeit, welche der Maschine abgeht, er ist nämlich im Stande, nicht allein das überschüssige zugeführte »Eisen« zu verbrennen event. in einen Kohlenvorrath umzuwandeln, sondern auch zeitweise auf Kosten seines »Organeisens« die Maschine im Gange zu erhalten, nachdem der Kohlenvorrath sich erschöpft hat.

Die Nahrungsmittel.

Sämmtliche Hausthiere sind unter den durch die wirthschaftlichen Verhältnisse geregelten Bedingungen nicht auf die Aufnahme reiner Nährstoffe, sondern auf die in der Natur vorkommenden oder auf technischem Wege hergestellten Nährstoffgemische: die Nahrungsmittel, in ähnlicher Weise angewiesen wie der Mensch. Nur Wasser und Nährsalze gelangen als solche zur Aufnahme. Bei Beurtheilung der Nahrungsmittel handelt es sich, vom physiologischen Gesichtspunkte aus betrachtet, um die Constatirung der Wirkung derselben auf den Stoffwechsel. Dieselbe hängt nicht sowohl von dem Gehalt an Nährstoffen ab, als vielmehr auch von der Form, in welcher die Nährstoffe organisirt in dem thierischen oder pflanzlichen Gewebe auftreten. Je leichter aus den organisirten Gewebsbestandtheilen durch den Verdauungsprocess die einzelnen Nährstoffe extrahirt und in resorptionsfähige Substanzen übergeführt werden können, einen desto höheren Werth wird man einem derartigen Nahrungsmittel beizulegen berechtigt sein. Solche Nährstoffgemische, welche dem Thierkörper selbst entstammen, bezeichnet man als

A. Animalische Nahrungsmittel.

I. Milch und Molkereiproducte.

Bezüglich der chemischen Zusammensetzung der Milch ist auf das bei der Lehre von diesem Secret Mitgetheilte zu verweisen. Da alle Nährstoffe in der Milch in einer für die Erhaltung der Thiere in der Säugezeit vollständig ausreichenden Quantität vertreten sind, vermag das junge Thier sich mit Milch ausschliesslich zu erhalten; man kann deshalb mit Fug und Recht der Vollmilch die Bedeutung einer Nahrung vindiciren. Das Verhältniss der N-haltigen zu den N-losen Nährstoffen beträgt im Mittel bei der auch für die menschliche Ernährung weitaus am meisten verwendeten Kuhmilch 1:4. Beim erwachsenen Menschen ist die Ausnutzung der Milchbestandtheile eine ungünstigere als beim Säugling und dem Saugkalb. Von 100 *g* aufgenommenen Nährstoffen der Kuhmilch erscheinen nach Rubner, Uffelmann und Soxhlet (Kalb) im Koth wieder:

	Erwachsener Mensch	Säugling	Saugkalb
Gesammttrockensubstanz	10,2	8,08	2,3
Eiweiss	7,7	1,3	5,6
Fett	5,6	6,5	0,2
Zucker	0,0	0,0	0,0
Asche	48,2	32,8	2,6

Um den Körper des Erwachsenen auf seinem Bestand zu erhalten, reichen 2,5—3,5 *l* Kuhmilch für einige Zeit aus, auf die Dauer indess nicht, weil die N-freien Substanzen in relativ geringem Masse vertreten sind und sich auch sehr bald Widerwillen gegen den Milchgenuss einstellt.

Abgerahmte Milch findet, mit einem kohlehydratreichen Beifutter gereicht, vortheilhafte Verwendung bei Kälbermast. Auf 100 Magermilch empfiehlt sich ein Zusatz von 20 Gersten- oder 18 Maisschrot. Das Gemisch wird im abgekühlten Zustand verfüttert. — Die Magermilch unterscheidet sich von der nicht abgerahmten durch einen geringeren, nach der Art der Rahmgewinnung verschiedenen Fettgehalt. Eine Milch mittlerer Güte liefert 84 pCt. Magermilch und 16 pCt Rahm von folgender Beschaffenheit:

	Magermilch	Rahm
Wasser	90,29	72,87
Casëin	3,20	3,19
Albumin etc.	0,70	0,69
Fett	0,60	18,06
Milchzucker	4,50	4,50
Asche	0,70	0,69

Der Rahm dient als Genuss- resp. Nahrungsmittel für den Menschen, hauptsächlich aber zur Gewinnung der Milchfette in Form von Butter.

Man bereitet die Butter aus süssem oder ausgesäuertem Rahm resp. gesäuerter Milch durch den Butterungsprocess; das Verbuttern süsser Vollmilch giebt keine genügende Ausbeute. Der Butterungsvorgang besteht in der Ueberführung der unterkühlten, flüssigen Fettkügelchen in den festen Zustand und zwar mit Hilfe der mechanischen Erschütterung des Butterns. Kirchner giebt als Durchschnittsanalyse für sorgsam bearbeitete Butter folgende Zahlen:

	Gesalzene Butter	Ungesalzene Butter
Wasser	11,7 pCt.	14,5 pCt.
Fett	84,5 »	82,5 »
Casëin etc.	0,7 »	0,8 »
Milchzucker etc.	0,8 »	2,0 »
Asche und Salz	2,3 »	0,2 »

Die Qualität der Butter richtet sich nicht unwesentlich nach dem Butterungsmaterial. So enthält Butter aus angesäuertem Rahm neben Milchzucker auch mehr oder weniger Milchsäure, häufig Buttersäure etc., während sich in Süssrahmbutter letztere Producte nicht finden. Die Zersetzung der Neutralfette nimmt bei längerer Aufbewahrung, besonders im ungesalzenen Zustande und bei hohem Wassergehalt zu und erstreckt sich zunächst nur auf eine Spaltung des Butyrin, Capronin etc., in späteren Stadien des »Ranzigwerdens« auch auf die Glyceride der festen Fettsäuren, wonach die Butter einen talgartigen Geschmack annimmt. Der eigenthümliche ranzige Geschmack tritt nach Duclaux schon bei einem Gehalt von nur 20 *mg* Fettsäuren pro Kilogramm Butter unangenehm hervor. In stark ranziger Butter steigert sich die Menge der Fettsäuren bis zu 1—1,5 *g* pro Kilogramm. Eine von Ch. E. Schmidt, mit Berücksichtigung der im reinen Neutralfett an Glycerin gebundenen festen und flüchtigen Fettsäuren ausgeführte Untersuchung ergab:

	Kuhbutter	Ziegenbutter
Schmelzpunkt	36,5°	33,5°
Wasser	10,54 pCt.	22,40 pCt
Caseïn etc.	1,42 »	1,75 »
Fett	86,50 »	75,00 »
Milchzucker etc.	0,69 »	0,67 »
Asche	0,85 »	0,18 »
In 100 Neutralfett		
Feste Fettsäuren (in Wasser unlöslich)	89,15 pCt.	85,25 pCt.
Flüchtige Fettsäuren (in Wasser löslich, als Buttersäure berechnet)	4,45 »	4,77 »
Glycerin	6,40 » *)	9,98 »

Eine weitergehende Uebersicht über die Einzelbestandtheile des Butterfettes wird bei Besprechung der Zusammensetzung der Milch gegeben. Durch Ausschmelzen der Butter gelingt es, Wasser, Casein etc. als »Schaum« von den Fettbestandtheilen zu trennen. Auf diese Weise gewinnt man eine fast ausschliesslich (zu 98—99 pCt.) aus Fett bestehende Butter (Schmelzbutter, Butterschmalz), welche sich auch ohne Zusatz von Kochsalz (sonst 30 *g* pro Kilogramm) oder Borsäure längere Zeit ohne ranzig zu werden aufbewahren lässt.

Als Ersatz für Butter kommt im Verkehr ein als Kunstbutter, Oleo-Margarin, jetzt officiell als Margarine bezeichnetes Fabrikat vor, welches aus thierischen und pflanzlichen Fetten (Rindstalg, Schweineschmalz, auch Cocos- und Palmöl) hergestellt wird. Nach einem von Mège-Mouriès herrührenden Verfahren erfolgt die Entfernung der Hauptmasse des Stearin aus dem zur Kunstbutterbereitung verwendeten Rohfett mittelst Auspressen bei 25°. In dem oleinreicheren, abfliessenden Theile von butterartiger Consistenz fehlen selbstredend die specifischen Butterfette. Der Werth

*) Nach v. d. Beche im Mittel 10,59 pCt.

der Kunstbutter für die Ernährung steht dem der natürlichen Butter, von welcher 98 pCt. zur Resorption gelangen, nur um 2 pCt. nach (A. Mayer).

Der Käse, dessen Verwerthung eine für den landwirthschaftlichen Betrieb bedeutsame Rolle spielt, kommt ebenfalls hauptsächlich für den menschlichen Consum in Betracht. Der Bereitungsweise nach unterscheidet man Lab- und Sauermilchkäse, je nachdem die Milchgerinnung durch Lab herbeigeführt wurde oder durch spontane Säuerung eintrat.

Erstere Gruppe, welche die grösste Zahl von Arten umfasst, zerfällt nach dem Wassergehalt in Weich- und Hartkäse Beide Gruppen können wieder, je nach der Thierart, aus deren Milch sie bereitet sind (Kuh, Schaf, Ziege), in Untergruppen eingetheilt werden. Die Eigenthümlichkeit einer Käsesorte hängt von dem zur Bereitung verwendeten Material (Vollmilch, halbfette, Magermilch) zwar nicht ab — ein Limburger Käse hat stets die bekannte Beschaffenheit dieser Sorte, gleichgültig ob entrahmte oder nicht entrahmte Milch zur Herstellung benutzt wurde — im Nähreffect übertrifft durchschnittlich Fettkäse den Magerkäse durchaus. Zu den gangbarsten Sorten der weichen Labkäse aus Kuhmilch zählen: der Brie, Camembert und Neufchateller, Limburger, Ramadour (Remoudou), Gorgonzola, Stracchino; aus Schafmilch bereitet: Liptauer. Hartkäse aus Kuhmilch hergestellt: Schweizerkäse (Emmenthaler, Appenzeller, Saanen-Handkäse), Parmesankäse, Holsteiner, Tilsiter, Holländischer Käse (Goudaër Rahmkäse, Edamer), Chester, Cheddar (England); aus Schafmilch: Roquefort. Die Sauermilchkäse werden fast nur aus Magermilch, der man häufig Buttermilch hinzusetzt, gewonnen und frisch als Weissquarg, geformt und »gereift« als Harzer, Mainzer, Olmützer, Kräuterkäse (Glarner Schabziger) verwerthet. Die in den Molken enthaltenen Eiweisskörper liefern nach ihrer Ausfällung durch Erhitzen oder Säurezusatz den Ziger. Klenze analysirte eine Anzahl Käsesorten und bestimmte gleichzeitig durch Digeriren mit verdünnter Salzsäure deren Verdaulichkeit:

Bezeichnung	Verdaut pCt.	Wasser	Casein	Fett	Asche
Allgäuer	97,53	37,46	32,33	25,41	4,80
Ziger	96,59	31,00	64,62	3,48	0,90
Gorgonzola	94,37	26,81	33,80	35,29	4 10
Ramadour	94,01	43,21	40,13	10,56	6,10
Mainzer	93,03	53,74	37,33	5,55	3,38
Emmenthaler	92,31	35,18	32,33	27,89	4,60
Cheddar	91,63	35,22	33,47	27,91	3,40
Roquefort	90,87	38,94	31,92	34,14	5,00
Hohenburger Rahmkäse	90,83	38,69	26,90	29,13	5,30
Brie	87,27	55,60	17,29	21,42	5,60
Edamer	87,10	41,88	29,47	24,05	4,60
Neufschateler	84,56	51,72	20,73	23,99	3,56

Die von der Käsebereitung restirenden süssen Molken, desgleichen frische Buttermilch, deren Fettgehalt immerhin noch zwischen 0,3 bis

2 pCt. schwankt, eignen sich mit einer Beigabe von Malzkeimen, Lein- oder Erdnusskuchenmehl resp. Kartoffeln als Mastfutter für Kälber und Schweine. Da tragende oder säugende Mutterschweine und junge Ferkel starke Empfindlichkeit gegen grössere Säurequantitäten zeigen, so ist event. ein Zusatz von Kalkwasser zu empfehlen.

II. Fleisch und Fettgewebe.

Die meisten der landwirthschaftlichen Hausthiere verfallen, nachdem sie verschiedenen Nutzungszwecken gedient haben, der Schlachtbank oder werden von vornherein zu Schlachtzwecken gezüchtet. Ausser dem »Fleisch«, aus der Skeletmuskulatur bestehend, werden auch die parenchymatösen Organe zur Ernährung des Menschen und der fleischfressenden Hausthiere verwendet. Das Fett der Wiederkäuer gelangt in der Hauptmasse für technische Zwecke zur Ausnutzung, das des Schweines dient neben Butter vorzugsweise zur Deckung des Fettbedarfs in der menschlichen Nahrung.

Als Grundlage für Beurtheilung des »Fleisch«-Gehaltes benutzt man vielfach das Gesammtgewicht des Thieres im lebenden Zustande (Lebendgewicht).

Schlachtthiere, welche einen längeren Weg zu ihrem Bestimmungsort zurückzulegen haben, büssen nicht unerheblich an Lebendgewicht ein, ein Umstand, der mitunter zu gerichtlichen Entscheidungen Veranlassung geben kann. Tschuschke beobachtete bei 19 Stück gemästetem Grossvieh (6 Färsen, 13 Ochsen), deren Gewicht früh nüchtern zu 10 722,5 *kg* mittelst Waage festgestellt war, nach Zurücklegung einer Wegstrecke von 22 *km* Landweg und 328 *km* per Eisenbahn am Ankunftsorte einen Gewichtsverlust von 788,5 *kg*, trotzdem unterwegs die Fütterungszeiten innegehalten worden waren. Im Mittel belief sich der Verlust auf 41,5 *kg* pro Stück oder pro 500 *kg* Lebendgewicht durchschnittlich auf 36,75 *kg*, im Minim. auf 26, im Maxim. auf 56 *kg*.

Um aus dem Lebendgewicht das Schlachtgewicht zu ermitteln, hat man bei gut gemästeten Ochsen und Kühen 36—40 pCt., bei mittelmässig ernährten 40—45 pCt., bei mageren 45—50 pCt. in Abzug zu bringen, mit Rücksicht auf die ausser Fleisch und Fett (incl. Rumpfknochen) vorhandenen Organe und den Inhalt von Magen und Darm. Die Gruppirung der gesammten Körperbestandtheile pro 100 Lebendgewicht unter Hervorhebung des Schlachtgewichts je nach dem Ernährungszustand, geht aus nachstehender, auf den Angaben von Lawes und Gilbert basirender Zusammenstellung E. Wolff's hervor:

Körpertheile	Ochs		Schaf		Schwein	
	Mittel genährt	Fett gemästet	Mittel genährt	Fett gemästet	Mittel genährt	Fett gemästet
Fleisch und Fett (Schlachtgewicht)	49,7	64,8	49,4	59,6	74,5	84,6
Blut (abgeflossenes)	4,7	3,9	3,9	3,2	7,6	3,6
Haut, Kopf incl. Zunge, Extremitäten vom Carpus u. Tars. abwärts	13,7	10,7	22,8	18,0	—	—
Eingeweide excl. Fett d. Serosa	9,8	7,7	8,1	6,6	9,8	6,0
Inhalt von Magen und Darm	18,0	12,0	15,0	12,0	7,0	5,0

Zum Schlachtgewicht rechnet man, ortsüblichem Brauch folgend, das Fett im Netz etc. hinzu oder nicht. In Procenten des Lebendgewichts und des Schlachtgewichts ausgedrückt, vertheilen sich Fleisch, Knochen und Fett des Rumpfes in folgender Weise:

Bestandtheile des ausgeschlachteten Thieres	Ochse				Schaf				Schwein			
	Mittel genährt		Fett gemästet		Mittel genährt		Fett gemästet		Mittel genährt		Fett gemästet	
	Lebendgewicht	Schlachtgewicht	Lebendgewicht	Schlachtgewicht	Lebendgewicht	Schlachtgewicht	Lebendgewicht	Schlachtgewicht	Lebendgewicht	Schlachtgewicht	Lebendgewicht	Schlachtgewicht
Fleisch ohne Knochen u. Fett . . .	36,0	72,5	35,0	54,0	33,5	68,0	29,0	48,6	46,4	62,3	40,0	47,3
Knochen . .	7,4	14,9	7,1	10,9	6,6	13,3	5,5	9,2	8,0	10,7	5,8	6,9
Fett im Fleisch	2,0	4,0	14,7	22,7	3,3	6,7	14,7	24,7	16,5	22,2	32,4	38,2
Fett um die Nieren . .	2,0	4,0	3,5	5,4	1,9	3,8	3,6	6,1	1,9	2,5	3,9	4,6
Fett im Mesenterium etc. .	2,3	4,6	4,5	7,0	4,1	8,2	6,8	11,4	1,7	2,3	2,5	3,0
	49,7	100,0	64,8	100,0	49,4	100,0	59,6	100,0	74,5	100,0	84,6	100,0

Ueber das nach dem Mastzustande wechselnde Verhältniss von Fett und Wasser in 100 Theilen Fleisch geben nachstehende Zahlen Aufschluss:

Bestandtheile des Fleisches	Ochse		Schaf		Schwein		Kalb	
	Mittel genährt	Fett gemästet	Mittel genährt	Fett gemästet	Mittel genährt	Fett gemästet	Mittel genährt	Fett gemästet
Muskelsubstanz . . .	19,8	14,5	17,1	11,7	12,3	9,7	20,2	17,0
Fett	5,3	29,4	9,0	33,6	26,2	45,5	2,9	11,3
Wasser	73,7	55,3	72,8	54,0	60,9	44,4	75,6	70,6
Asche	1,2	0,8	1,1	0,7	0,6	0,4	1,3	1,1

In dem Masse, als mit dem Vorschreiten der Mästung die Fettmenge im Muskel ansteigt, nimmt der Wassergehalt fast in demselben, die Muskelsubstanz in einem geringeren Verhältniss ab. Das zwischen

den Muskelmassen angehäufte Fettgewebe wechselt nach dem jeweiligen Ernährungszustand ganz ausserordentlich, fehlt aber fast niemals gänzlich. Beim Mastschwein beträgt der Fettgehalt des Fleisches ca. 50 pCt., dagegen bei dem im mittleren Ernährungszustand befindlichen Ochsen nur 5 pCt.; mageres ausgelesenes Ochsenfleisch enthält immerhin noch 0,9 pCt. Fett. Nach den früheren Ausführungen über die Bedeutung des Fettes für die Ernährung ist es einleuchtend, dass mässig fettes Fleisch eine günstigere Wirkung auf den Stoffumsatz ausübt als mageres, von welchem sich nur die Carnivoren ausschliesslich zu ernähren vermögen. Die Analyse der letztgenannten Fleischsorte mit Rücksicht auf die Elementarbestandtheile diente als Ausgangspunkt für die Berechnung des Fleischansatzes bei den Stoffwechselversuchen. Voit fand 75,90 pCt. Wasser, 24,10 pCt. feste Theile, darunter 12,52 pCt. C, 1,73 pCt. H, 3,40 pCt. N, 5,15 pCt. O und 1,30 pCt. Asche. Abgesehen von den erwähnten Thiergattungen kommt das Fleisch einiger anderer noch in Betracht, welche nicht zu den sogen. Schlachtthieren zählen; über die Bestandtheile dieser Fleischsorten gewährt eine Tabelle nach König eine summarische Uebersicht:

In 100 Theilen	Pferd	Reh	Hase	Huhn	Taube	Hecht	Aal
Muskelsubstanz . . .	22,3	21,1	23,5	21,0	22,9	19,0	14,0
Fett	2,5	1,9	1,1	1,4	1,0	0,5	5,0
Wasser	74,3	75,8	74,2	76,2	75,1	79,6	79,9
Asche	1,0	1,2	1,2	1,4	1,0	0,9	1,1

In der Rubrik Muskelsubstanz der vorstehenden Tabelle sind neben der Eiweisssubstanz gleichzeitig die »Extractivstoffe« und die Kohlehydrate des Fleisches mit einbegriffen.

Vielfach besteht die Ansicht, dass Fischfleich im Verdauungstractus nicht so gut ausgenutzt werde, wie beispielsweise Rindfleisch. Versuche von Atwater lehren jedoch das Gegentheil. Ein Hund, welcher sechs Tage nur mit Schellfischfleisch gefüttert wurde und während einer gleichen Zeitdauer mit magerem Rindfleisch, verdaute von der Trockensubstanz des Fischfleisches ebensoviel als von der des letzteren. Es ist dabei aber der grössere Wassergehalt der Fischmuskulatur zu berücksichtigen. Um gleiche Quantitäten Trockensubstanz einzuführen, mussten in obigem Versuch auf 375 *g* Rindfleisch, 500 *g* Schellfischfleisch als Nahrungsmittel gegeben werden.

Ueber die weitere chemische Zusammensetzung des Fleisches im Allgemeinen ist Folgendes zu bemerken: Die Eiweisskörper, rund zu 20 pCt. zu veranschlagen, bestehen in der Hauptmasse aus Myosin (16—18 pCt.), ferner aus Serumalbumin (1,45—3 pCt.), jedenfalls aus der Lymphe stammend, und dem bei 45—47° gerinnenden Albumin zu 0,5 pCt. (Kühne, Demant). Hämoglobin lässt sich auch nach dem Ausspritzen der Blutgefässe mit 0,75 pCt. Kochsalzlösung nachweisen (Kühne), welches nach

Mac Munn meist mit Myohämatin (mit 3 starken Absorptionsstreifen) vergesellschaftet vorkommt. Die röthliche Färbung des Fleisches einiger Fischarten (Salmoniden) soll nach Fremy und Valenciennes durch eine in NH_3-haltigem Alkohol lösliche Säure hervorgerufen sein. Das durch die Analyse der isolirten Muskelmasse zu constatirende Fett ist wahrscheinlich ebenso wie die zu 1—2,5 pCt. vertretene leimgebende Substanz in dem die Muskeln verkittenden Bindegewebe enthalten. Nasse nimmt, gestützt auf mikrochemische Reactionen, einen Fettgehalt der Muskelfaser an, in Form feinster Körnchen vertheilt. Die Zähigkeit des Fleisches alter Thiere wird nach Voit's Annahme durch die zunehmende Derbheit des Bindegewebes und die grössere Schwierigkeit, in Leim überzugehen, bedingt. Unter den Extractivstoffen kommen constant vor: die N-haltigen Basen Kreatin (0,1 – 0,2 pCt.), Xanthin und Hypoxanthin (0,1 bis 0,2 pCt.), relativ reichlicher bei schlechtem Ernährungszustand. Der Glycogen- und Zuckergehalt der Muskeln ist sehr variabel und schwankt zwischen 0,3—1,0 pCt. der feuchten Muskelsubstanz. Ruhe und gute Fütterung giebt hohen Glycogengehalt. Wie Nasse fand, zersetzt sich das Glycogen in dem absterbenden Muskel zwar ziemlich schnell, aber doch nicht so rasch, dass bei Untersuchung von frischem, noch todtenstarren Fleisch bestimmbare Quantitäten nicht aufzufinden wären. Pferdefleisch enthält 0,003 pCt. Inosit. Die saure Reaction des Fleisches rührt von der zur Zeit des Erstarrens innerhalb der Primitivmuskelbündel frei werdenden Fleischmilchsäure her, deren Quantität zur Zeit der ausgebildeten Starre grösser ist als unmittelbar nach dem Tode (Böhm). Demant gewann aus den Muskeln von Tauben bei guter Ernährung etwas mehr Milchsäure als von verhungerten Thieren.

Ueber die im Fleisch vorhandenen Aschenmengen differiren die Angaben sehr beträchtlich. Wie Nasse hervorhebt, lässt sich mit Bestimmtheit nur sagen, dass der grösste Theil der ca 0.8—1,8 pCt. des frischen Muskels betragenden Asche phosphorsaures Kali ist. Dann folgen an Menge Magnesia- und Kalkphosphat, in inniger Beziehung zu den Eiweisskörpern stehend, ferner Eisen. Natrium und Chlor kommen der eigentlichen Muskelsubstanz wohl nur in Spuren zu, ebenso Sulfate. Das fettfreie Fleisch enthält im Mittel:

In 100 Theilen	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Chlor
Fleisch . .	0,485	0,132	0,031	0,051	0,006	0,535	0,012	0,065
Asche . .	37,04	10,14	2,42	3,92	0,44	41,20	0,98	4,66

Nach Jolly überwiegen in den Sehnen des Ochsen die Erdphosphate, in denen des Kalbes neben Alkaliphosphat das Eisenphosphat.

Das Fleisch frisch geschlachteter Thiere lässt sich ohne genügende Vorbereitungen (Maceriren in Essig, Klopfen) nicht weich kochen. Erst nach Lösung der Starre unter Quellung des Bindegewebes durch die vorhandene Milchsäure bewirkt die Siedetemperatur des Wassers eine ausreichende Lockerung der Muskelbündel. Gelangt das Fleisch in bereits kochendes Wasser, so bekommt man, da die oberflächlichen Eiweisscoagula das Auslaugen erschweren, ein zartes und saftiges Fleisch, jedoch nur eine wenig gehaltreiche Fleischbrühe. Erwärmt man das

Wasser mit dem Fleisch allmälig bis zum Sieden, so werden die in Wasser löslichen Bestandtheile desselben ausgezogen, und zwar um so vollständiger, je langsamer die Erwärmung vorschreitet. Durch Eindampfen der Fleischbrühe gewinnt man eine braune Masse von Syrupconsistenz, welche die Extractivstoffe und die in Wasser löslichen Salze enthält, insbesondere fast die gesammten Kaliverbindungen. Da ein derartiges Fleischextract keine Sparwirkung ausübt, so kann dasselbe, wie Voit im Gegensatz zu Liebig ausführte, als Nahrungsmittel keine Geltung beanspruchen, sondern wegen der anregenden Wirkung auf die Secretion der Verdauungssäfte und den Circulationsapparat nur als Genussmittel. Die Rückstände der Fleischextractfabrikation kommen unter der Bezeichnung Fleischmehl in den Handel und werden besonders als Schweine- und Hundefutter verwendet, da Versuche von v. Hofmeister, Lehmann, Forster, Dünkelberg, Werner und E. Wolff einen günstigen Nähreffect ergaben. Schafe sind nur ausnahmsweise zur Aufnahme des Fleischmehls zu bringen, Pferde verschmähen es ganz und nehmen es nur eine Zeit lang auf. Zur Aufzucht von Kälbern wird es neben Milch (2 *l*) und Gerstenstroh (4 *kg* p. d.) mit gutem Erfolg benutzt. Um die Thiere von der 10.—12. Woche an das neue Futter zu gewöhnen, beginnt man mit kleinen Portionen Fleischmehl unter Zusatz von Kleie. Nach Verlauf einiger Wochen verzehrten die Kälber in einem von Rödger mitgetheilten Falle neben den übrigen Futtermitteln 0,222 *kg*. Nach Kühne verdauen Wiederkäuer 95 pCt. des darin enthaltenen Eiweiss und 98 pCt. Fett, Schweine 97 pCt. Eiweiss und 87 pCt. Fett. Als Hundefutter nutzt man vielfach das nach Art der südamerikanischen Charque an der Luft getrocknete Fleisch gefallener Thiere aus, desgleichen die Pressrückstände des Rindstalges, die Fettgrieben. Aus Analysen des Fleischfuttermehls der Grieben von E. Wolff geht hervor, welch bedeutenden Gehalt an Eiweisssubstanzen diese Futtermittel besitzen:

Futtermittel	Wasser	N-haltige Substanz	Fett	Asche
Fleischfuttermehl . . .	11,5	72,8	12,0	3,7
Fettgrieben	8,4	61,3	25,3	5,0

Neben Ueberresten glatter Muskulatur betheiligen sich an der Bildung des N-haltigen Rückstandes des Fettgewebes vorzugsweise die aus Bindegewebe bestehenden Membranen der Fettzellen.

Fettgewebe. E Schulze und Reinecke fanden bei der Untersuchung von frischem Fettgewebe verschiedener Thiergattungen in 100 Theilen

Thiergattung	Membran (N-haltige Substanz)	Fett	Wasser
Ochsen . .	1,16	88,88	9,96
Hammel . .	1,64	87,88	10,48
Schwein . .	1,35	92,21	6,44

Aehnlich wie beim Fleisch, stossen wir auch hier auf die Thatsache, dass mit zunehmendem Mastzustand der Wassergehalt des Fettgewebes abnimmt (Grouven), zu welcher folgende Daten die nöthigen Belege liefern:

	Wasser pCt.	N-haltige Substanz	Fett	Asche
Magerer Bulle	20,95	4,19	73,86	1,00
Halbfette Kuh	9,41	1,66	88,68	0,25
Fette Kuh	5,29	0,97	93,74	—

Obwohl die Elementarzusammensetzung der reinen Fettsubstanz, gleichviel von welcher Körperregion oder welcher Thierart herstammend, von dem bereits früher angegebenen Mittel (cf. Nährstoffe) nur ganz unbedeutende Abweichungen zeigt, ist das Verhältniss der Neutralfette zu einander dennoch kein constantes. Durchschnittlich treffen auf 75 pCt. feste Fette 25 pCt. flüssige, bei gemästeten Thieren steigert sich das Verhältniss zu Gunsten des flüssigen Fettes und zwar derart, dass der Procentsatz des letzteren beim Rind auf 62—66, beim Hammel auf 40 (Eingeweidefett) resp. 64 (Rippenfett — mit 48 pCt. im ungemästeten Zustand), beim Schwein auf 72 pCt. (sonst gewöhnlich 68) sich erhöhen kann (A Müntz). Normales Hundefett besteht aus 30 pCt. Palmitin und Stearin und 70 pCt. Olein (J. Munk). Dementsprechend variiren auch die Schmelzpunkte der Fette; sie liegen um so niedriger, je mehr Olein sie enthalten. Es schmilzt das Fett vom

Hammel . . .	bei	41—52°
Rind	»	41—50°
Schwein . . .	»	42—48°
Hund	»	40°
Katze	»	38°
Pferd	»	30°
Hase	»	26°
Gans	»	24—26°

Die Ausnutzung der höher schmelzenden Fette im Darm gestaltet sich ungünstiger als derjenigen mit niederem Schmelzpunkt. Während sich beim Hund von 100 *g* Schweineschmalz p. d. nur etwa 1,6 pCt. der Resorption entziehen, werden nach Darreichung derselben

Menge Hammeltalg ca. 10 pCt. mit den Fäces entleert, von den bei 56° schmelzenden reinen Fettsäuren des Hammeltalgs 13 pCt. Noch höher schmelzende Fette (Tristearin) finden sich fast vollständig im Koth wieder (J. Munk).

III. Eier.

Wie das Fleisch, wenn es in nicht zu grossen Mengen zur Aufnahme gelangt, werden die Eier beinahe vollständig resorbirt. Ein Ei mittleren Gewichts enthält nach Voit annähernd so viel Eiweiss und Fett wie 150 *g* Kuhmilch und ist ca. 40 *g* fettem, unter alleiniger Berücksichtigung des Eiweiss, 30 *g* fettfreiem Fleisch gleichwerthig. Man giebt die Eier von Hühnern, Enten resp. Gänsen mitunter Saugkälbern und Füllen (3—6 Stück), auch männlichen Zuchtthieren mit Milch oder Bier abgequirlt (10—15 Stück). Das Gewicht eines Hühnereies beträgt im Mittel 53,0 *g* (30—72)*), wovon 6 *g* (11,5 pCt.) auf die vorwiegend aus Calciumcarbonat bestehende Schale, 31,0 *g* auf das Eierweiss (58,5 pCt.) und 16 *g* (30 pCt.) auf das Eigelb entfallen. Die näheren Bestandtheile sind folgende:

	Gesammtei excl. Schale	Eierweiss	Eigelb
Wasser	73,67	85,7	50,8
Eiweiss	12,55	12,7	16,2
Fett	12,11	0,3	31,8
N-freie Substanz .	0,55	0,7	0,1
Asche	1,12	0,6	1,1
	100,0	100,0	100,0

Das alkalisch reagirende Eierweiss besteht im Wesentlichen aus einer concentrirten Lösung von Eialbumin, welche ausserdem kleine Mengen Paraglobulin (0,677 pCt, Dillner), Traubenzucker und Asche (vorzugsweise Chloralkalien und Alkalicarbonate) mit Spuren von Fett und fettsaurem Alkali enthält. Durch ein netzähnliches Maschenwerk feinster Membranen, welche die gelösten Substanzen nach allen Richtungen durchsetzen und umschliessen, bekommt die gesammte Masse eine zähflüssige Consistenz. Das Eigelb ist complicirter zusammengesetzt als das Eierweiss und zeichnet sich durch einen höheren Eiweiss- und Fettgehalt aus. Unter den Eiweisssubstanzen des Dotters überwiegt Vitellin (15 pCt.); daneben tritt Nuclein in unbedeutenden Mengen (1 pCt.) und Albumin fast nur spurweise auf. Palmitin, Stearin und Olein bilden die Hauptbestandtheile des Aetherextractes (21 pCt.), in welches Lecithin (8 pCt.), wie Hoppe-Seyler vermuthet, erst nach

*) Ei einer Gans im Mittel 150 *g*, einer Ente 70 *g*.

Zerstörung einer lockeren Verbindung mit Vitellin übergeht, ferner Cholesterin. Ausser Traubenzucker findet sich kein anderes Kohlehydrat im Dotter. Die beiden bisher nachgewiesenen Farbstoffe zählen zu den Luteïnen. Zu 65 pCt. kommt in der Asche Phosphorsäure vor, welche theils vom Lecithin, theils von Erd- und Alkaliphosphaten herstammt. Das Eisen (1,65 pCt. der Gesammtasche) ist im Dotter in organischer, den Nucleinen anzureihender Verbindung enthalten, für welche Bunge die Bezeichnung »Hämatogen« in Vorschlag bringt.

B. Vegetabilische Nahrungsmittel.

Von den animalischen Nahrungsmitteln unterscheiden sich die vegetabilischen in mannigfacher Hinsicht und zwar 1. durch die Form, in welcher die Nährstoffe dem Organismus dargeboten werden. Die leicht löslichen Bindegewebshüllen finden wir hier ersetzt durch Cellulosekapseln, deren Widerstandsfähigkeit den Verdauungssecreten gegenüber eine bedeutend höhere ist, so dass, um eine genügende Ausnutzung der eingeschlossenen Nährstoffe zu ermöglichen, selbst für die auf Pflanzennahrung angewiesenen Thiergattungen ein »Aufschliessen« vieler Futtersubstanzen durch Kochen, Dämpfen, Einsäuern, Quetschen, Schroten, angezeigt erscheint. 2. Durch die Art der Nährstoffe. Wenngleich die vegetabilischen Nährsubstanzen die wesentlichsten Eigenschaften mit den aus dem Thierreich stammenden theilen, macht die Analyse doch gewisse Differenzen erweisslich. Im Pflanzeneiweiss z. B. findet sich fast durchweg ein höherer N-Gehalt; überdies gestattet eine Gesammtbestimmung des N bei Pflanzen, der reichlich vorhandenen Amidoverbindungen halber, nicht in jedem Falle einen Rückschluss auf das vorhandene Eiweiss. Zu den auch in ainmalischen Nahrungsmitteln vertretenen Amidokörpern, dem Leucin, Tyrosin, Xanthin, Hypoxanthin gesellen sich Asparagin, Glutaminsäure, Betain (Trimethylglycocoll), Vernin und N-haltige Glycoside: Solanin etc. Im Aetherextract treten ebenfalls neue Substanzen auf, Wachs, Harz, Chlorophyll; auch die Kohlehydrate machen keine Ausnahme. Das in den Pflanzen aufgespeicherte Stärkemehl und die damit verwandten Stoffe verleihen den Vegetabilien das charakteristische Gepräge, welches sich hauptsächlich in einer Verschiebung im Verhältniss der Nährstoffe zu einander ausdrückt. Umgekehrt wie im Fleisch etc. überwiegen unter den organischen Bestandtheilen die N-freien Substanzen und unter ihnen ganz besonders die Kohlehydrate. Etwas ähnliches tritt bei den Aschebestandtheilen hervor. Bei früherer Gelegenheit schon wurde auf den ungleich höheren Kaligehalt der Vegetabilien hingewiesen; weiterhin machen sich auffällig bemerkbar die relativ grossen Kieselsäurequantitäten, an denen namentlich die Kelchschuppen (Spelzen) der Cerealien besonders reich sind und andererseits die Verminderung der Chloride. Endlich kann man 4. einen Unterschied in der Ausnützung zu Ungunsten der Vegetabilien beobachten, gleichgiltig, ob es sich um Pflanzen- oder Fleischfresser handelt. Ein Hund liefert bei Fleischkost höchst unbedeutende Kothmengen. Die Quantität der Fäces vermehrt sich sofort, wenn z. B.

Brot gefüttert wird; der Procentsatz der unverdauten Nährstoffmengen erfährt hiernach ebenfalls eine Zunahme. Wie Voit angiebt, entleerte ein Versuchshund von G. Mayer in den Fäces nach Aufnahme von 377 *g* Fleisch und 184 *g* Fett 19,7 *g* Kothtrockensubstanz = 7,2 pCt. der Trockensubstanz der Nahrung mit 7,6 pCt. ihres N. Als dieselbe N-Quantität in Form von Brot gereicht wurde (1000 *g*), so erhöhte sich die Kothmenge auf 70,1 *g* = 13,3 pCt. der Gesammttrockensubstanz und 19,5 pCt. des N der Einnahme. Nach dem Consum von feinem Weizenbrot bilden sich nicht im entferntesten derartige Kothmengen, desgleichen ist auch die Ausnutzung eine ungleich bessere, so dass der Schluss nahe liegt, die im Schwarzbrot vorhandene Cellulose für die grossen Kothmengen und zum Theil auch für die ungünstige Ausnutzung verantwortlich zu machen. Jedenfalls trägt der auf die Darmschleimhaut von den spröden Cellulosetrümmern ausgeübte mechanische Reiz, neben der durch saure Gährung der Kohlehydrate veranlassten chemischen Einwirkung zur Beschleunigung der Peristaltik in solchem Masse bei, dass nicht unbedeutende Mengen sonst an sich resorbirbarer Nährstoffe in Gemeinschaft mit den unverdaulichen Substanzen den Darmkanal verlassen. Für den Pflanzenfresser gehört ein derartiger Ballast zu den nothwendigen Bedingungen ungestörter Verdauung. Kaninchen, von Knieriem mit Milch und Zucker ernährt, gingen zu Grunde. Die Section ergab eine Verstopfung des Blinddarms mit glaserkittartigen Massen. Andere Kaninchen, deren Milch einen Zusatz von Hornspähnen erhielt, gediehen vortrefflich. — Soweit es zur Beurtheilung für die Nährwirkung nothwendig erscheint, soll das Wissenswertheste über die wichtigsten jener Nahrungs- resp. Futtermittel, welche der Pflanzenwelt angehören, nunmehr vorgeführt werden.

I. Cerealien.

Die Körner der zu dieser Gruppe gehörigen Getreidearten zeichnen sich vor allem durch einen hohen Stärkegehalt aus bei einem mittleren Bestand an Proteinsubstanzen, welche grösstentheils den Kleberarten angehören. Die sog. N-freien Extractstoffe bestehen, neben geringeren Mengen Zucker, Dextrin und Gummi fast ausschliesslich aus Stärke. Auf den Nährstoffgehalt üben Klima, Bodenbeschaffenheit und Düngung etc., wie auf die Vegetation überhaupt, einen erheblichen Einfluss aus. — Von sämmtlichen Cerealien beansprucht der Hafer ein besonderes Interesse insofern, als derselbe speciell für die Ernährung des Pferdes unentbehrlich ist, während die übrigen Körnerfrüchte, für die menschliche Ernährung zwar eine grosse Bedeutung haben, für die pflanzenfressenden Hausthiere aber in weniger hohem Maasse in Betracht kommen. Der Vergleich von 153 Analysen des Hafers führt König zu folgenden Angaben:

100 Theile Hafer enthalten im	Wasser	N-haltige Substanz	Fett	Stärke, Zucker etc.	Holzfaser	Asche	Davon im Mitttel resorbirbar*) N-haltige Substanz	Fett	N-freie Extractstoffe	Nährstoffverhältniss
Minimum .	7,66	6,25	2,76	42,82	6,66	1,61				
Maximum .	18,46	19,16	7,31	65,45	20,02	6,11				
Mittel . .	12,37	10,41	5,23	57,78**)	11,19	3,02	7,60	4,1	46,0	1:7,3

Die Eiweisskörper des Hafers bestehen nach Kreusler und Ritthausen vorwiegend aus einem Albuminat, welches die Zusammensetzung des Legumins, sonst aber die Eigenschaften des Glutencasein besitzt (Avenin Johnstons, Haferlegumin), ferner aus Gliadin in verhältnissmässig geringer Menge und Albumin (1—2 pCt.). Auf anderweitige, nicht eiweissartige Substanzen entfallen nach Stutzer ca. 8 pCt. des Gesammt-N, unter denen ein N-haltiges Alkaloid, welches auch im Stroh vorkommt, besonders hervorzuheben ist. Dieses Haferalkaloid konnte von E. Merck als braunes Pulver von aromatischem, an Vanillin (Methyldioxybenzaldehyd) erinnernden Geruch gewonnen werden Es löst sich in 50—60 pCt. Weingeist und giebt die allgemeinen Reactionen der Alkaloide. Vermuthlich gehört auch das von Ellenberger-Hofmeister im Hafer gefundene diastatische Ferment zu den N-haltigen Substanzen, wenigstens zählt zu ihnen das von Mège-Mouriès in der Weizenkleie entdeckte, ähnlich wirkende »Cerealin« und die Malzdiastase (Lintner). Das in reinem Zustande ebenso wie bei den übrigen Cerealien (mit Ausnahme der Gerste) flüssige, stark gelbe Fett ist bei keiner anderen Getreidesorte in so hohem Procentsatz vertreten als beim Hafer und besteht aus 75,70 pCt. C, 11,69 pCt. H und 12,61 pCt. O. Seine Zusammensetzung stimmt am meisten mit einer im Mais vorkommenden Fettsubstanz überein, deren Procentsatz dieselbe Höhe erreicht als das Haferfett. Die Kohlehydrate vertheilen sich im Mittel auf 54,08 pCt. Stärke, 1,91 pCt. Zucker und 1,79 pCt Dextrin und Gummi. Die Asche der Körner incl. der dicht anschliessenden Spelzen setzt sich wie folgt zusammen:

	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor
pCt.:	17,90	1,66	3,60	7,13	1,18	25,64	1,78	30,18	0,94

Die Güte des Hafers lässt sich nicht immer aus dem Gewicht eines bestimmten Masses der Körner beurtheilen. Wolff schlägt vor, geeigneten Falls die N-haltigen Substanzen durch Analyse quantitativ zu ermitteln, da diese bei sonst gleicher Beschaffenheit als die werthvollsten der Nährstoffe anzusehen sind.

Den Pferden wird der Hafer gewöhnlich mit Strohhäcksel vorgeschüttet; gequetschter Hafer passt für Individuen mit fehlerhaftem Gebiss. Haferschrot verabreicht man Wiederkäuern (bei Körnerfutter ist die Rumination eine mangelhafte) zur Beförderung der Lactation, Jungvieh und Schafen, um eine rasche Hebung des Ernährungszustandes herbeizuführen. Für Schweine empfiehlt Haubner Haferfütterung nicht, da es hiernach einen weicheren Speck giebt als nach anderem Mastfutter, was bei dem hohen Oleingehalt auch erklärlich ist. Der Schmelzpunkt des Schweineschmalzes

*) Nach Wolff berechnet, das Nährstoffverhältniss unter Berücksichtigung des Stärkeäquivalent des Fettes. In der Rubrik »Resorbirbare N-freie Extractstoffe« ist der verdauliche Holzfaserantheil mit inbegriffen.

**) 54,08 pCt. Stärke, 1,79 Dextrin und Gummi, 9,91 Zucker.

liegt, um dies beiläufig zu erwähnen, nach Fütterung von Hafer bei 38°, von Kleie bei 39°, Erbsen 40°, Gerste 41°. Für die Aufzucht leistet Hafermehl jedoch gute Dienste. — Die resorbirten Quoten der Nährstoffe belaufen sich durchschnittlich nach Kühn beim Pferd auf 77 pCt. des Protein, 82 pCt. des Fettes, 78 pCt. der N-freien Extractstoffe und 17 pCt. der Holzfaser, beim Rind auf 74, 66, 75 bezw. 15 pCt.

Ueber die Bestandtheile der übrigen erwähnenswerthen Cerealien giebt nachstehende nach dem N-Gehalt derselben geordnete Zusammenstellung der König'schen Mittelwerthe ein anschauliches Bild:

In 100 Theilen	Wasser	N-haltige Substanz		Fett		N-freie Extractstoffe			Resorbirbare N-freie Extractstoffe	Holzfaser	Asche	Nährstoffverhältniss
		Rohprotein	Resorbirbar	Rohfett	Resorbirbar	Zucker	Dextrin und Gummi	Stärke				
Weizen . .	13,56	12,35	11,14	1,75	1,40	1,44	2,38	64,08	65,75	2,53	1,81	1 : 6,4
Roggen . .	15,06	11,52	10,38	1,79	1,43	0,95	4,86	62,00	65,70	2,01	1,71	1 : 6,9
Gerste . .	13,77	11,14	8,90	2,16	1,46	1,56	1,70	61,67	60,00	5,31	2,69	1 : 7,2
Mais . . .	13,12	9,85	8,27	4,62	3,41	2,46	3,38	62,57	65,66	2,49	1,51	1 : 9,2
Reis*) . .	13,11	7,85	7,05	0,88	0,87	0,05	1,11	75,60	74,10	0,63	1,01	1 : 11,2

Der Gesammt-N des Weizens vertheilt sich mit 78,3 pCt. auf Pflanzenfibrin (Glutenfibrin, Gliadin, Mucedin) und Globulin (Glutencasein), mit 13 pCt. auf Albumin und mit 8,7 pCt. auf andere Substanzen. Bei der Verwerthung des Weizens als Futter für Pferde ist Vorsicht geboten. Nach Zürn darf derselbe nie die ganze Körnerration allein ausmachen, sondern nur $^1/_4$—$^1/_3$ derselben und zwar am besten gequetscht. An andere Thiere verfüttert man den Weizen als Schrot, gebrüht oder gekocht zu Mastungszwecken. Dasselbe gilt für den Spaltweizen (Dinkel, Spelz), welcher seiner rigiden scharfkantigen Hülsen wegen (die Asche des Spelt mit Hülsen enthält 47 pCt. Kieselselsäure, ohne Hülsen 1 pCt.) in grösseren Mengen rein gefüttert bei Pferden fast absolut sicher Verstopfungen erzeugt.

Der Roggen enthält die Proteinsubstanzen des Weizens mit Ausnahme des Pflanzenleimes (Gliadin) und Glutenfibrin. Der Kleber lässt sich nicht daraus abscheiden. Das Fett besteht zum Theil aus Glyceriden, geringen Mengen Cholesterin und freier Oel- und Palmitinsäure. Das vorhandene Gummi löst sich in Weingeist, besitzt im Uebrigen aber die Zusammensetzung des gewöhnlichen Pflanzengummi (Ritthausen). Die Stärke zeigt hochgradiges Quellungsvermögen. Als weitere Bestandtheile registrirt Haubner zwei gewürzhafte Stoffe, die beim Mahlen vornämlich in der Kleie und dem Schwarzmehl verbleiben. Von allen bekannten Körner- und Hülsenfrüchten neigt der Roggen am leichtesten zur Säurebildung. Als Futtermittel ist er nur Arbeitspferden (neben $^3/_4$ Hafer) gedeihlich, eventuell auch Arbeitsochsen gekocht oder geschroten und gebrüht. Bei ausschliesslicher Roggenfütterung laufen die Pferde Gefahr, an Kolik, Hirnaffectionen oder Ruhr zu erkranken. Kochen vermindert anscheinend die Chancen für das Auftreten übler Folgezustände.

*) Enthülst und von der Oberhaut befreit.

Unter den Eiweisssubstanzen der Gerste treffen wir ausser Gliadin ebenfalls sämmtliche im Weizen enthaltene an, darunter Albumin zu 1,13 pCt. Vom Gesammt-N wurden 2,9 pCt. in Form von Nichteiweiss ermittelt. Die Spelzen der meisten Gerstenarten verwachsen mit der Oberhaut des Korns; aus diesem Grunde nähert sich der Kieselsäuregehalt dem des Hafers. Zur Fütterung der Hausthiere benutzt man Gerste in analoger Weise wie den Roggen, vorwiegend um den Fettansatz zu fördern, namentlich bei Rindern und Schweinen gegen Ende der Mastperiode. Bei der Verwendung für Pferde ist auch bei diesem Futter eine gewisse Vorsicht geboten.

Beim Mais bestehen die Proteinstoffe zum grössten Theil aus Pflanzenfibrin, dessen Ueberwiegen dem Maiskorn die hornartige Beschaffenheit verleiht. Neben wenig Legumin kommt nur noch Albumin (1,25 pCt.) vor. Mit einem N-reichen Zusatz geben sie ein vortreffliches Mastfutter ab für Rinder, Schweine, denen sie geschroten oder gekocht verabfolgt werden und für Schafe, welche sie in Salzwasser gequellt erhalten. Das erzeugte Fett ist kernig und wohlschmeckend. Zur Aufzucht eignet sich Mais nicht. Pferden ist der Mais, wenn nicht zu intensiv gefüttert wird, sehr bekömmlich. Wolff rühmt ihn als ein vortreffliches, leicht verdauliches Futter für solche Pferde, welche zwar angestrengt aber in einem regelmässigen und nicht zu raschen Tempo arbeiten. Er wird gewöhnlich bis zu $^2/_3$ der Haferration verabreicht. Nach Lavallard's Beobachtungen magern die ausschliesslich mit Mais gefütterten Pferde zuerst ab, nehmen aber sehr bald wieder zu. Für leichte Reitpferde eignet sich Mais weniger gut. Nach einer längere Zeit fortgesetzte Ernährung mit Mais beobachtete Asche-Berg Bildung von Darmsteinen, über deren Entstehungsursache man keinen Zweifel zu hegen braucht, wenn man den Aschegehalt des Mais mit 15,5 pCt. Magnesia und 45,0 Phosphorsäure ins Auge fasst.

Der Reis ist seiner Fettarmuth wegen in einigen Fällen benutzt worden, um beim Schwein die Möglichkeit der Fettbildung aus Kohlehydraten klarzustellen, was auch in der That gelungen ist (Meissl). Zürn erwähnt, dass bei hohen Haferpreisen abgekochter Reis mit Häcksel vermischt als Pferdefutter verwendet wurde.

Einige Bemerkungen über den zu den Polygonaceen gehörigen Buchweizen, welcher gewöhnlich den Cerealien angereiht wird, dürften noch am Platze sein, da er in manchen Gegenden als Mastfutter, Zugpferden auch als Beifutter gegeben wird. Die Nährstoffe sind in demselben procentischen Verhältniss gruppirt wie beim Hafer, mit Ausnahme des Fett, das nur die Hälfte des Haferfettes beträgt. Das vorhandene Eiweiss characterisirt sich in seiner Hauptmasse als Glutencasein, der Rest als Legumin; Pflanzenfibrin nicht nachgewiesen. (Buchweizenkrankheit.)

II. Leguminosen.

Von allen vegetabilischen Nahrungsmitteln sind diese die N-reichsten. Während die Cerealien sich durch ihren Reichthum an Kleberproteinen auszeichneten, waltet hier das Pflanzencasein, speciell das Legumin vor. Die Kohlehydrate bestehen zum Theil aus Galactanen. Der Aschegehalt ist durchschnittlich grösser als in den vorigen Gruppen, insbesondere der Procentsatz an Kali und Kalk, wogegen Phosphorsäure etwas zurücktritt. Die Verdaulichkeit der Hülsenfrüchte ist eine relativ hohe; man kann im Grossen und Ganzen Proteinsubstanz zu circa 90 pCt., N-freie Extractstoffe zu 95 pCt. verdaulich annehmen. Im Mittel enthalten die zu Futterzwecken gebräuchlichsten (E. Wolff):

In 100 Theilen	Wasser	N-haltige Substanz		Fett		N-freie Extractstoffe		Holzfaser	Asche	Nährstoff-Verhältniss
		Rohprotein	Resorbirbar	Rohfett	Resorbirbar	Stärke und Zucker	Resorbirbar			
Gelbe Lupinen .	13,3	36,2	34,4	4,9	4,9	28,0	41,8	13,8	3,8	1 : 1,6
Sojabohne . . .	10,0	33,4	30,1	17,6	15,8	29,2	30,7	4,8	5,0	1 : 2,3
Futterwicken . .	14,3	27,5	24,8	3,0	2,5	45,8	48,2	6,7	2,7	1 : 2,2
Ackerbohnen*) .	14,5	25,5	23,0	1,6	1,4	45,9	50,2	9,4	3,1	1 : 2,3
Erbsen	14,3	22,4	20,2	2,0	1,7	52,5	54,4	6,4	2,4	1 : 2,9

Die gelben Lupinen sind reicher an N als die blauen; es sind nachgewiesen 24,8 pCt. N-haltige Substanz und 41,7 pCt. N-freie Extractstoffe. Die Eiweisssubstanzen bestehen fast ausschliesslich aus Conglutin und Legumin; 8—9 pCt. des Gesammt-N entfallen auf sonstige Verbindungen, welche zum Theil aus Alkaloiden bestehen (0,4—1,8 pCt. der Trockensubstanz), die auch in den Blättern und Schoten vertreten und ausschliesslich als Ursache des bitteren Geschmacks der Lupinen anzusehen sind. In den gelben Lupinen ist constatirt das krystallisirende Lupinin $C_{21} H_{40} N_2 O_2$ eine zweisäurige tertiäre Aminbase (Kobert, Liebscher) und das flüssige Lupinidin $C_8 H_{15} N$**). Die blauen Lupinen (L. angustifolius) enthalten als einziges Alkaloid die einsäurige tertiäre, flüssige Aminbase Lupanin $C_{15} H_{25} N_2 O$ (Hagen). Die Entstehung einer nach Lupinenfütterung, namentlich in Schafheerden oft verheerend auftretenden Krankheit (Lupinose) ist nachweislich vom Alkaloidgehalt der Lupinen unabhängig***). Schulze und Barbieri wiesen ausserdem unter den N-haltigen Bestandtheilen der Keimlinge und der Pflanze Asparagin und ein N-freies Glycosid ($C_{29} H_{32} O_{16}$) nach, welches sie ebenfalls mit dem Namen Lupinin belegten.

Schafe, an welche die Lupinen grösstentheils als ganze Pflanze frisch oder als Heu verfüttert werden, gewöhnen sich trotz des bitteren Geschmacks an die Aufnahme, während Kühen das Futter nur in entbittertem Zustand gut gedeiht†), denn bei Verfütterung von nicht entbittertem Lupinenschrot, allmälig ansteigend bis zu 0,75 *kg* pro Stück und Tag beobachtete Kühn Verminderung der Milchmenge und Aufblähen. Pferde gewöhnen sich an den Genuss auch der nicht entbitterten Lupinen. Geschroten, im Betrage von $^1/_3 = ^1/_2$ der Haferration gegeben, sind ihnen

*) Kleine Ackerbohne, Feld-, Sau-, Pferdebohne.

**) Lupinidin wirkt beim Frosch in 5—10 *mg* lähmend auf den Vagus. Der durch Muscarin in Folge Vagusreizung herbeigeführte Herzstillstand wird durch Lupinidin gehoben. Eigenthümlicher Weise ist es beim Warmblüter wirkungslos.

***) C. Arnold und Schneidemühl vermuthen als krankheitserregende Ursache ein in den Lupinen unter Einwirkung unbekannter Momente sich entwickelndes Ptomain (Lupinotoxin).

†) Zur Extraction der bitteren Substanzen sind in Vorschlag gebracht, Dämpfen und vorangehendes und folgendes Auslaugen mit Wasser (Kellner), verdünnte Salzsäure (Siewert), Soda (Bering), Ammoniak (Soltsien); die Extractionsmittel scheinen die Alkaloide und gleichzeitig die toxisch wirkenden Substanzen zu entfernen (Kühn).

die Lupinenkörner bei starker Arbeit sehr zuträglich. Bei Schweinen können sie nach Zürn zu $^1/_3$—$^1/_6$ der Körnerration, aber nur im entbitterten Zustande, als Mastfutter Verwendung finden.

Die in Asien heimische, zu den Leguminosen gehörige Sojabohne wurde in Europa 1875 durch die Wiener Weltausstellung näher bekannt. In Versuchen, welche auf dem Wiener Thierarzneiinstitut angestellt wurden, äusserten diese Bohnen, mit Kartoffeln und Stärkemehl gemischt, eine vorzügliche Wirkung bei der Mästung von Schweinen. Auch bei Schafen, Ochsen und Milchvieh hat man im Verein mit kohlehydratreichem Futter einen günstigen Nähreffect beobachtet, welcher jedenfalls wesentlich mit auf das Conto des hohen Fettgehaltes zu setzen ist. Bei den Anbauversuchen in Europa wurden nach E. Wein die besten Resustate erzielt mit Soja pallida, atrosperma und castanea. Bei den asiatischen Vegetarianern dient der aus den Sojabohnen hergestellte Tofu (Bohnenkäse) als eins der hauptsächlichsten Nahrungsmittel. Der Geschmack der aus Sojabohnen herstellbaren mannigfaltigen Gerichte erinnert an Mandeln oder Kastanien. 9,5 pCt. des Gesammt-N kommen auf Amidoverbindungen (Klinkenberg).

Zu den nicht zum Eiweiss gehörigen Substanzen, welche in den Wickensamen vorkommen, zählt Vicin ($C_{28} H_{51} N_{11} O_{21}$) und Convicin ($C_{10} H_{14} H_3 O_7$ Ritthausen) und das aus Wickenpflanzen von Schulze dargestellte Vernin ($C_{16} H_{20} N_8 O_8$). Letzteres bildet auch einen Bestandtheil von Klee und Luzerne; es giebt mit Salzsäure erhitzt Guanin. Die gesammte Pflanze enthält reif (Stroh und Körner) 13,3 pCt., in der Blüthe 22,9 pCt. des Gesammt-N an nicht eiweissartigen Substanzen, worunter Asparagin, wie in den Leguminosen ganz allgemein, ebenfalls vertreten ist. Die Verfütterung der Wickenkörner (Schrot) oder das Wickenheu an Arbeitspferde erheischt grosse Vorsicht in der Bemessung der Quantität (Kolik, Gehirnleiden, Kehlkopfspfeifen sind nach reichlichem Füttern beobachtet worden). Auf die Milchsecretion wirkte nach Kühne Wickenschrot geradezu nachtheilig ein. Bei Milchkühen, welche in kurzer Zeit herangemästet werden sollen, erreicht man durch starke Wickenschrotfütterung unter rascher Beschränkung der Milchsecretion diesen Zweck am sichersten.

Das Eiweiss der Ackerbohne besteht nach Ritthausen circa zur Hälfte aus Legumin. Neben dem Legumin ist in der wässerigen oder mit Kaliwasser bereiteten Lösung noch eine Menge anderer, noch zu isolirender Eiweisskörper (Globuline?) vorhanden. Auf Nichteiweiss kommt 14,2 pCt. des Gesammt-N. Für Milchvieh steht Bohnenschrot obenan. Sonst zur Mast oder als Futter für Arbeitspferde, wie die Leguminosen überhaupt.

Die in den Felderbsen vorkommende Menge Legumin schwankt zwischen 8—9 pCt. Aus der von Legumin befreiten Flüssigkeit scheidet sich beim Kochen eine N-haltige Substanz ab, welche sich in Kaliwasser wieder auflöst und in dieser Hinsicht von gewöhnlichem coagulirten Eiweiss abweicht, da dasselbe in verdünnten Alkalien unlöslich ist. Nach einer Einzelbestimmung gehen vom Gesammt-N 11,4 pCt. auf andere, als Eiweissverbindungen ab. Unter 100 Theilen N-freier Extractstoffe fand Sachsse 67,5 pCt. Stärke, 10,5 pCt. Dextrin und 22 pCt. sonstige N-freie Stoffe, während Weizen z. B. 94,5 pCt. Stärke, 3,5 pCt. Dextrin und 2 pCt. Zucker aufweist. König ist der Meinung, dass in den Leguminosen ganz allgemein relativ mehr nicht stärkemehlartige Kohlehydrate auftreten als in Cerealien. In der Gesammtasche wurde Aluminium zu 0,27 pCt. ermittelt (Yoshida). Ueber die Verwendung der Erbsen als Futtermittel ist nichts besonderes hinzuzufügen.

III. Grünfutter.

Nach Haubner's Definition fasst man unter dem Begriff Grünfutter alle jene Pflanzen zusammen, die mit ihren Stengeln und Blättern im frischen, saftigen Zustand den Hausthieren sowohl auf der Weide, wie im Stalle, als Nahrung zu dienen vermögen. Alle hierher gehörigen Futtergewächse sind characterisirt durch einen hohen Gehalt an Wasser (70—90 pCt.) und nicht unbeträchtliche Mengen von Pflanzenfaser (5—10 pCt.). Der Gehalt an Nährstoffen ist demnach verhältnissmässig gering, und es müssen aussergewöhnlich grosse Quantitäten aufgenommen werden (40—70 *kg* p. d.), wenn der Bedarf des Organismus durch Grünfutter allein gedeckt werden soll. Auf guter Weide erhalten sich die Pflanzenfresser, wie die tägliche Erfahrung lehrt, in vortrefflichem Nährzustand; von einer sogen. schlanken Taille, wie dieselbe durch geeignetes Trockenfutter erreicht werden kann, ist bei Weidegang allerdings keine Rede; der »Grasbauch« weist mit grosser Deutlichkeit darauf hin, dass sich die Wandung des Intestinaltractus dem voluminösen Futter angepasst hat.

Im Rohprotein (zwischen 1—5 pCt.) findet sich Albumin und Kleber (dieser in sog. grünen Satzmehl in relativ geringer Quantität) und je nach der Vegetationsperiode mehr oder weniger grosse Mengen von Amidoverbindungen, welche in jungen Weidepflanzen bis zu $^1/_3$ des Rohprotein ausmachen. Man braucht aber, um den günstigeren Nähreffect von jungen Gräsern zu erklären, eine eiweisssparende Wirkung der Amide als nothwendig nicht anzunehmen. Zwar ist in den frühen Vegetationsperioden der Pflanzen der Amidogehalt meist absolut und relativ grösser als zur Zeit der Blüthe, gleichzeitig zeichnen sich die Pflanzen vor der Blüthe aber durch einen grösseren Gehalt an eigentlicher verdaulicher Eiweisssubstanz (und auch von Rohfett und Asche) aus. Diese Thatsache findet ihre Bestätigung durch Analysen, welche bei Gelegenheit der in Hohenheim mit Hammeln angestellten Fütterungsversuche zur Ausführung kamen. Das Futter wurde stets von derselben Wiese, aber in verschiedenen Stadien der Vegetation gewonnen und die Menge des resorbirten Eiweiss und der Amide*) festgestellt. Auf Procente der wasserfreien Substanz des Futters bezogen, fand man in dem Versuch:

	24. April	13. Mai	10. Juni
Rohprotein	25,06	16,31	13,37
Rohprotein, resorbirt . .	19,83	11,60	9,24
Davon Amide etc. . . .	5,47	3,10	1,83
Davon Eiweiss	14,36	8,50	7,41

Auf alle Fälle darf man, wenn man vorsichtig zu Werke gehen will, für practische Zwecke die Amidosubstanzen nicht mit dem Eiweiss als gleichwerthig bei Futterberechnungen in Ansatz bringen, wie es bisher fast ausnahmslos beliebt worden ist.

Der Cellulose-Gehalt steht im umgekehrten Verhältniss zu den N-haltigen Substanzen. Junge Pflanzen enthalten weniger und in höherem Grade verdauliche Rohfaser als zur Blüthezeit.

Unter den N-freien Extractstoffen mit ca. 8—16 pCt. treffen wir an: Zucker,

---

*) Die Quantität der Amidoverbindungen ist aus dem direct bestimmten Amidstickstoff durch Multiplication mit dem Factor 6,25 berechnet.

Gummi, Pflanzenschleim, Pectin, aber wenig oder gar keine Stärke. Dieselbe bildet sich zwar auch in den Chlorophyllkörnern der grünen Pflanzentheile unter Einwirkung der Lichtstrahlen, sie verschwindet aber daraus, ohne dass trotz fortwährender neuer Anbildung eine Aufspeicherung der Stärke an der Entstehungsstelle zu beobachten wäre. Versuche von Bellucci haben es wahrscheinlich gemacht, dass unter Mitwirkung des Sauerstoffes eine Umwandlung zu Glycose und in dieser Form ein Transport nach jenen Organen stattfindet, in welchen Stärke zur Zeit der Reife in den grössten Mengen abgelagert anzutreffen ist. Das »Rohfett« beträgt kaum 1 pCt. und besteht überwiegend aus wachsartigen Substanzen und Chlorophyll. Nach der Blüthe, wenn die Samenbildung schon begonnen, tritt auch Lecithin auf. Von den im Betrage von 1—2 pCt vorhandenen anorganischen Bestandtheilen sind hervorzuheben: Kalk zu 0,3 pCt, Phosphorsäure zu 0,1 pCt. im Mittel. Ueber die Beschaffenheit einzelner Grünfutterarten erfahren wir Näheres aus nachstehender Tabelle (E. Wolff):

In 100 Theilen Grünfutter	Wasser	N-haltige Substanzen				Fett		N-freie Extractstoffe		Holzfaser	Asche	Nährstoffverhältniss
		Rohprotein	Resorbirbar *)	Amidoverbindung	N des Nichtprotein in pCt des Gesammt-N	Rohfett	Resorbirbar	Stärke u Zucker etc.	Resorbirbar			
Weidegras . .	80,0	3,5	2,5	0,94	26,9	0,8	0,4	9,7	13,0	4,0	2,0	1: 4,4
Grünmais . .	82,9	1,2	0,7	0,22	18,5	0,6	0,3	8,8	8,4	5,2	1,3	1:13,0
Rothklee **) .	80,4	3,0	1,7	0,57	19,0	0,6	0,4	8,9	8,7	5,8	1,3	1: 5,7
Luzerne . . .	74,0	4,5	3,2	1,45	28,9	0,8	0,3	9,2	9,1	9,5	2,0	1: 3,1
Lupinen . .	85,0	3,1	2,0	1,09	35,2	0,4	0,2	5,7	6,7	5,1	0,7	1: 3,6
Futterwicken .	82,0	3,5	2,2	0,80	22,9	0,6	0,3	6,6	7,4	5,5	1,8	1: 3,7

Grünfütterung leistet für Erhaltung eines gleichmässigen Nährzustandes keine sichere Garantie, da eine stete Aenderung des Nährstoffgehalts zu gewärtigen ist, wenn die Benutzungsdauer der Futterpflanzen den grössten Theil ihrer Entwickelungszeit umschliesst, wie dies in der Regel bei Kleearten z. B. der Fall ist. Reichliches Füttern mit letztgenannter Sorte zieht vielfach Verdauungsbeschwerden, Aufblähen etc. nach sich.

IV. Rauhfutter.

1. Heu.

Dieselben Pflanzen, welche das Grünfutter liefern, dienen auch im lufttrockenen Zustande als Heu zur Ernährung der pflanzenfressenden Hausthiere. Für die Beurtheilung des Nährwerthes des Heu ist festzuhalten, dass das einfache Trocknen an der Luft die Verdaulichkeit

*) Unter den resorbirbaren N-haltigen Substanzen sind die Amidoverbindungen, ebenso wie im Rohprotein, mit eingerechnet.

**) In der Blüthe analysirt, desgl. die darauf folgenden Futterpflanzen.

der organischen Bestandtheile eines Futtermittels — wenn solches ohne Verlust an Nährstoffen vor sich geht — in keiner Weise verändert. In Wirklichkeit ist aber ein solcher Ausfall bei der Heubereitung nicht zu vermeiden und ferner zu beachten, dass die Pflanzen, welche im grünen Zustand zur Verfütterung gelangen, meist in einer früheren Vegetationsperiode sich befinden, als jene, die zur Heubereitung dienen. Auf Rechnung dieser Factoren ist die auf der Erfahrung basirende Meinung von dem grösseren Nährwerth des Grünfutters, einer daraus herstellbaren Heumenge gegenüber zurückzuführen.

Die verschiedenen Arten der Wiederkäuer verdauen ein und dasselbe Heu gleich gut, das Pferd Kleeheu in demselben Masse als das Schaf. Das Wiesenheu wird jedoch vom Pferd in geringerem Grade verwerthet, und zwar beträgt die Minder-Ausnutzung an organischer Substanz überhaupt 10—12 pCt. der Heutrockensubstanz. Fast ausschliesslich sind es die N-freien Bestandtheile (Fett und N-freie Extractstoffe), welche hiervon betroffen werden, wogegen in der Ausnutzung des Rohprotein ein Unterschied zwischen Pferd und Hammel nicht besteht. Aehnliche Unterschiede bestehen auch bezüglich der Resorbirbarkeit des Grünfutters, wie aus einer vergleichenden Uebersicht der Verdauungscoëfficienten hervorgeht.

	Von 100 Theilen Nährstoff werden resorbirt				
	Organische Substanz	Rohprotein	Fett	N-freie Extractstoffe	Holzfaser
Wiesengrünfutter					
Hammel	62,6	61,2	51,8	64,1	61,6
Pferd	50,4	60,6	20,8	56,6	41,0
Wiesenheu					
Hammel	58,6	56,1	47,4	60,7	57,0
Pferd	47,6	57,7	22,8	54,6	37,0

Ganz in gleicher Weise wie das Grünfutter reicht das Heu, welches die Nährstoffe in concentrirterer Form enthält als Grünfutter und durch seinen Reichthum an Holzfaser sich auszeichnet, zur Erhaltung für die erwähnten Thiergattungen aus. Verschiedene Rücksichten, theils physiologischer (erhöhte Anforderung an die Muskelthätigkeit etc.), theils ökonomischer Natur erfordern einen partiellen Ersatz durch anderweitiges Futter.

Es sind enthalten im Mittel nach E. Wolff:

(Siehe Tabelle S. 127.)

2. Stroh.

Die nach der Reife der Körner und Hülsenfrüchte durch Ausdreschen von den Samen befreiten Stengeltheile incl. Blätter sind als Nahrungsmittel recht wohl zu verwenden, obgleich ihr Nährwerth kein besonders hoher ist.

In 100 Theilen Heu	Wasser	N-haltige Substanzen				Fett		N-freie Extractstoffe		Holzfaser	Asche	Nährstoffverhältniss
		Rohprotein	Resorbirbar	Amidoverbindung	N des Nichtprotein in pCt. des Gesammt-N	Rohfett	Resorbirbar	Stärke u. Zucker etc.	Resorbirbar			
Wiesenheu . .	14,3	9,7	5,4	1,24	12,8	2,5	1,0	41,0	41,0	26,3	6,2	1:8,0
Rothklee . . .	16,0	12,3	7,0	2,34	19,0	5,3	1,2	38,2	38,1	26,0	2,2	1:5,9
Luzerne . . .	16,0	14,4	9,4	4,15	28,9	6,2	1,0	27,9	28,3	23,0	2,5	1:3,3
Futterwicken*) .	16,7	19,8	15,1	7,50	38,0	9,3	1,4	28,5	31,1	23,4	2,3	1:2,3

Unter allen Futtermitteln enthält das Stroh die grösste Menge Pflanzenfaser und, auf Trockensubstanz bezogen, im Allgemeinen die geringsten Quantitäten von Eiweisssubstanzen (Ackerbohnen und Erbsenstroh dagegen ebenso viel als mittleres Wiesenheu). Amidoverbindungen fehlen. Als mittleren Verdauungscoëfficienten des Haferstrohproteins nimmt Wolff 36—40 an. Rohfaser wird vom Stroh der Cerealien besser ausgenutzt als die von Leguminosen stammende, die N-freien Extractstoffe dagegen weniger gut (beim Cerealienstroh zu ca $^1/_3$, beim Leguminosenstroh über die Hälfte), Spreu resp. Schalen der Hülsenfrüchte enthalten, mit Ausnahme der Sommerhalmfrüchte, durchschnittlich ebensoviel Rohprotein und weniger Holzfaser wie das betreffende Stroh.

Gutes Stroh lässt sich für erwachsene Wiederkäuer als Ersatz des Heufutters benutzen, insbesondere Leguminosenstroh, reicht sogar allenfalls zur Erhaltung derselben aus, zumeist dient es aber wohl nur als Nebenfutter. Für Rinder zieht man Gerstenstroh allen übrigen Strohsorten vor. Haferstroh nehmen alle Pflanzenfresser gern auf; man verwendet es mit Vorliebe für Pferde und Schafe. Roggenstroh führt bei Pferden, Leguminosenstroh, namentlich von Wicken, bei Wiederkäuern zu Verstopfungen Nach Wolff ist das Stroh der nachstehend benannten Futterpflanzen wie folgt zusammengesetzt:

In 100 Theilen Stroh	Wasser	N-haltige Substanz		Fett		N-freie Extractstoffe		Holzfaser	Asche	Nährstoffverhältniss
		Rohprotein	Resorbirbar	Rohfett	Resorbirbar	Stärke und Zucker etc.	Resorbirbar			
Hafer	14,3	4,0	1,4	2,0	0,7	36,2	40,1	39,5	4,0	1:29,9
Weizen	14,3	3,0	0,8	1,2	0,4	36,9	35,6	40,0	4,6	1:45,8
Roggen	14,3	3,0	0,8	1,3	0,4	33,3	36,5	44,0	4,1	1:46,9
Gerste	14,3	3,3	0,8	1,4	0,4	32,5	31,4	43,0	5,5	1:40,5
Lupinen	16,0	5,9	2,2	1,1	0,3	32,1	41,6	40,8	4,1	1:19,4

*) Vor der Blüthe gewonnen.

In 100 Theilen Stroh	Wasser	N-haltige Substanz		Fett		N-freie Extractstoffe		Holzfaser	Asche	Nährstoffverhältniss
		Rohprotein	Resorbirbar	Rohfett	Resorbirbar	Stärke und Zucker etc.	Resorbirbar			
Sojabohnen . . .	15,0	6,7	3,4	2,5	1,5	38,6	35,6	27,0	10,2	1:11,5
Futterwicken . .	16,0	7,5	3,4	1,0	0,5	29,0	31,9	42,0	4,5	1: 9,8
Ackerbohnen . .	16,0	10,2	5,0	1,0	0,5	34,2	35,2	34,0	4,6	1: 7,3
Erbsen	16,0	6,5	2,9	1,0	0,5	34,0	33,4	38,0	4,5	1:12,0

Bohnen- und Erbsenstroh zeichnen sich durch einen hohen Kalkgehalt aus (1,2—2,5 pCt.), ähnlich wie Heu mit 1—2 pCt. Die übrigen Strohsorten enthalten nur 0,3—0,5 pCt.

V. Knollen und Wurzeln.

Dieselben stehen mit Rücksicht auf den Nährstoffgehalt in einem gewissen Gegensatz zu den Körnern und Hülsenfrüchten. Letztere sind N-reich und wasserarm, die ersteren N-arm und wasserreich. Holzfaser fehlt beinahe vollkommen, weshalb man die Trockensubstanz fast als reine Nährsubstanz gelten lassen kann, eine Annahme, welche durch Fütterungsversuche ausreichende Bestätigung erfahren hat. Für das Schwein kann das Wurzelwerk als Hauptfutter bei der Mästung Verwendung finden, bei Pferden und Wiederkäuern wird man rationell selten mehr als die Hälfte des Nährstoffbedarfs mit derartigem Futter decken (Haubner). Unentbehrlich sind diese Futtermittel für die Winterfütterung, besonders da sie durch proteinreiches Material ergänzt, unter entsprechendem Zusatz von Rauhfutter die Milchsecretion wirksam befördern, das Grünfutter so zu sagen ersetzen; desgleichen können sie für Arbeitspferde bei geringeren Anforderungen an die Leistungsfähigkeit im Winter das Körnerfutter zum Theil oder gänzlich entbehrlich machen, wenn anders Heu ausreichend zur Disposition steht.

Was die einzelnen Nährstoffe anlangt, so wird der Nährwerth der N-haltigen Substanzen durch erhebliche Mengen von Amidoverbindungen (bis zu 76 pCt. des Gesammt-N) herabgesetzt, in den Rüben ausserdem noch durch Salpetersäure und Ammoniak. Die Kohlehydrate finden in den Knollen fast ausschliesslich im Stärkemehl, in den Rüben im Gummi und in Zuckerarten ihre Vertreter. Die mineralischen Bestandtheile zeichnen sich nach Baup durch einen reichen Gehalt an pflanzensauren Salzen aus (citronen-, äpfel-, wein-, bernsteinsaures Kali und Kalk).

Als Bestandtheile der verschiedenen Arten kommen nach König in Betracht:

(Siehe Tabelle Seite 129.)

Der Stärkegehalt der Kartoffel schwankt zwischen 9—26 pCt., beim Aufbewahren vermehrt sich der Procentsatz an Zucker und Gummi, welcher in frischen Kartoffeln 1,2 resp. 0,36 beträgt. Gefrieren befördert den Umwandlungsprocess der Stärke in lösliche Kohlehydrate, der nach Müller-Thurgau durch ein diastatisches

In 100 Theilen	Wasser	N-haltige Substanzen				Fett		N-freie Extractstoffe		Holzfaser	Asche	Nährstoffverhältniss
		Rohprotein	Resorbirbar	Amidoverbindungen etc.	N des Nichtprotein in pCt. des Gesammt-N	Rohfett	Resorbirbar	Stärke u. Zucker etc.	Resorbirbar			
Kartoffeln .	75,48	1,95	1,95	0,87	44,7	0,15	0,15	20,69	21,44	0,75	0,98	1:11,2
Topinambur	79,59	1,98	1,98	0,84	42,3	0,13	0,13	15,06	16,53	1,47	1,17	1: 8,5
Futterrunkel	87,71	1,09	1,09	0,70	63,9*)	0,11	0,11	9,26	10,24	0,98	0,95	1: 9,6
Feldmöhre .	87,05	0,04	1,04	0,47	45,3	0,21	0,21	9,34	10,74	1,40	0,90	1:10,8
Kohlrübe .	89,42	1,35	1,35	0,56	41,9	0,18	0,18	7,36	8,32	0,96	0,75	1: 6,5

Ferment bewirkt wird. Das Aetherextract erscheint in fester Form von weissgrauer Farbe. Die N-Verbindungen bestehen nach E. Schulze und Barbieri bei einem mittleren N-Gehalt von 0,3 pCt. = 1,87 pCt. Rohprotein aus 0,384 pCt. unlöslichem Eiweiss (0,061 N), 0,802 pCt. löslichem Eiweiss (0,128 N), 0,32 pCt. Asparagin (0,062 N) und 0,049 N in Form von Amidosäuren, worunter bestimmt Glutaminsäure vorkommt; ferner sind nachgewiesen Spuren von Pepton, Leucin, Tyrosin und Hypoxanthin. Die rohe Kartoffel enthält 0,032—0,068 pCt. Solanin, ein N-haltiges Glycosid, das sich durch Kochen zersetzt. 60 pCt. der Gesammtasche sind auf Kali zu rechnen.

Die Kohlehydrate der Topinamburknollen enthalten keine gewöhnliche Stärke etc., sondern Inulin zu 1,10 pCt, Laevulin (früher als Synanthrose bezeichnet) zu 9,13 pCt. und Laevulose zu 4,83 pCt., Substanzen, welche in demselben Verhältniss zu einander stehen wie Stärke, Dextrin und Dextrose. Die Asche ist reicher an Kieselsäure und Natron (je 10 pCt. der Gesammtasche) als die Kartoffel, an Kali hingegen ärmer (47,8 pCt.).

In den Futterrunkeln vertheilt sich der Rohprotein-Gehalt von 1,09 pCt. auf 0,099 unlösliches Eiweiss, 0,186 lösliches Eiweiss, 0,425 Asparagin und Glutamin, 0,08 Betain, 0,292 Salpetersäure und 0,008 Ammoniak. Unter den Kohlehydraten nimmt der Zucker (vorwiegend Rohrzucker) mit 6,53 pCt. die hervorragendste Stelle ein. Eine Abart der gewöhnlichen Futterrunkel (Beta alba, rubra), die Zuckerrübe (Beta altissima) enthält 9—15 pCt. Rohrzucker.

In der Rübe sowohl wie in dem Rübensamen ermittelte v. Lippmann eine dem Cholesterin (Schmelzpunkt 145°) sehr nahe stehende Substanz, das Physosterin (Schmelzpunkt 133°). Die Thatsache, dass im rohen Rübenfett neben diesem pflanzlichen Cholesterin ein nicht unbeträchtlicher Phosphorgehalt bereits von Scheibler constatirt wurde, gab zu der Vermuthung Veranlassung, dass in der Rübe ein mit dem Lecithin, dem constanten Begleiter des thierischen Cholesterin, zu vergleichender Körper präformirt vorkommt, von welchem das ebenfalls von Scheibler gefundene Betain das basische Zersetzungsproduct darstellt. v. Lippmann gelang es, in Verfolgung dieses Gedankens aus Rübenbrei eine schwach gelbliche, wachsglänzende Masse

*) Ein Theil dieses N kommt auf Salpetersäure und NH_3; der auf Salpetersäure zu beziehende Antheil beträgt in den Futterrüben — je nach der Düngung — 6—44 pCt. des Gesammt-N. Möhren und Kohlrüben enthalten mitunter N in Form von Salpetersäure bis zu 9 pCt. des Gesammt-N (Wolff).

zu isoliren, die sich leicht in Alkohol und Aether löst und mit Wasser allmälig zu einem Schleim aufquoll, ein Verhalten, welches dem der Lecithine vollkommen entspricht. Aller Wahrscheinlichkeit nach baut sich dieses Lecithin aus Oelsäure, Glycerinphosphorsäure und Betain auf. Andererseits wurde beim Kochen mit Barythydrat Cholin gewonnen, welches vielleicht ähnlich wie im Baumwollensamen neben Betain vertreten sein dürfte. Das Cholin findet sich ebenfalls in der Melasse (cf. Fabrikationsrückstände), ein Factum, dessen Bedeutung sofort klar wird, wenn man berücksichtigt, dass Cholin unter dem Einfluss von Mikroorganismen in das um ein Molecül Wasser ärmere, stark giftige Neurin übergeht (Schmidt und Weiss). Schliesslich sei noch erwähnt, dass die Rübe neben dem lecithinartigen Körper noch andere phosphorhaltige Stoffe enthält, welche den Nucleïnen sehr nahe stehen; die Zersetzungsproducte derselben, die Xanthinkörper, finden sich fast vollzählig in der Melasse und gehen bei der fractionirten Fällung mittelst Phosphorwolframsäure mit in die Niederschläge ein (Scheibler). Unter den organischen Säuren der Runkelrübe hat man auch Aconitsäure $C_3 H_3 (COOH)_3$ nachzuweisen vermocht.

Neben Rohrzucker kommen in den Möhren bedeutende Mengen Fruchtzucker vor, so dass die 9,34 pCt. N-freien Extractstoffe sich zusammensetzen aus 2,51 Rohrzucker, 4,23 Fruchtzucker und 2,60 Gummi und Dextrin. Aus dem Fett gewann Husemann einen krystallisirbaren Körper, welcher von Arnaud als vegetabilisches Cholesterin erkannt wurde, identisch mit dem Physosterin der Calabarbohne. Der gelbe Farbstoff, das Caroten ($C_{26} H_{38}$) gehört zu den ungesättigten Kohlewasserstoffen. In der Asche sind Natron (mit 21 pCt.) und Kalk (mit 11 pCt.) reichlicher vorhanden als dies bei Wurzeln Regel ist.

Eine Abart der gewöhnlichen Kohlrübe (Brassica Napus, Wruke, Steckrübe), die Teltower Rübe dient als Gemüse zur menschlichen Ernährung und zeichnet sich durch einen geringeren Wassergehalt aus, während eine verwandte Gattung, welche höheren Wassergehalt aufweist, die Wasserrübe, Brassica rapa (weisse Rübe, Stoppelrübe, Turnips), sowohl als Gemüse wie als Futtermittel gebraucht wird.

VI. Gewerbliche Producte und Abfälle.

1. Producte der Mehlmüllerei.

Beim Vermahlen der Getreidearten gewinnt man ausser den pulverisirten, vorzugsweise aus Stärke bestehenden Innenschichten der Körner, dem Mehl, auch die zertrümmerten Aussentheile der Cellulosekapsel mit anhaftenden Mehlresten als Kleie.

Naturgemäss kann das Mehl nicht alle Bestandtheile des Kornes enthalten; je feiner und weisser das Mehl, desto reicher ist dasselbe an Stärkemehl und desto ärmer an Eiweiss, und umgekehrt, je gröber und dunkler (Schwarz-, Poll- oder Futtermehl), um so weniger findet sich Stärke, um so mehr Eiweiss. Feinstes Weizenmehl weist z. B. 11 pCt. Rohprotein und 72 pCt. Stärke auf, Weizenfuttermehl 15 resp. 63 pCt.

Zur Brodbereitung pflegen in der Regel Weizen- oder Roggenmehlsorten verwendet zu werden. Das Brod, eines der Hauptnahrungsmittel des Menschen giebt man auch Hausthieren, Hunden z. B. im Futter. Für Pflanzenfresser beansprucht es den Werth eines Genussmittels, da sich die vollständige Ernährung selbst mit den geringsten Brodsorten aus ökonomischen Gründen verbietet.

Aus geringwerthigen Mehlsorten stellen verschiedene Fabriken Futterkuchen her, theils mit, theils ohne Fleischfasermehlzusatz.

Hafer gedarrt, geschält und gemahlen mit lauwarmem Wasser unter Zusatz von Malz geknetet wird mit ca. 8 pCt. Rohprotein, 6 pCt. Fett, 4 pCt. Zucker, 60 pCt. Stärke etc. und 3 pCt. Asche zu rundlichen Hafermehlbiscuits verbacken und an Hunde neben Fleisch verabreicht. Zur ausschliesslichen Ernährung derselben dienen meist aus Roggenfuttermehl, Kleie, Fleischfaser und Nährsalzen, vielfach unter Zusatz von rothen Rüben (Beta vulgaris conditiva mit hohem Kaligehalt) Leberthran etc. bereitete Kuchen, von denen einige Analysen C. Arnolds vorliegen.

In 100 Theilen	Wasser	N-haltige Substanz	Fett	N-freie Extractstoffe	Asche
Deutsche Kuchen					
Vereinskuchen	10,51	22,10	3,48	60,21	3,70
Berliner Fabrikat	10,72	17,30	1,86	66,13	3,99
Englische Kuchen					
Spratt's Patent	10,08	18,63	3,35	65,26	2,68
Buffalo Anker Meat	10,47	15,83	2,66	69,19	1,85

Für Pferde eignen sich derartige Conserven ebenfalls, wenn es sich um kurzdauernde Verpflegungsperioden handelt. Fütterungsversuche haben ergeben, dass diejenigen, welche Fleischmehl in einigermassen erheblicher Menge enthalten, von den Pferden widerwillig und erst nach längerer Zeit aufgenommen werden.

Am besten scheinen sich zu bewähren Kuchen aus 25 pCt. Leinsamen-, 20 pCt. Hafer-, 20 pCt. Mais- und 35 pCt. Erbsenmehl.

Die bei der Mehlfabrication gewonnenen Abfälle, die Kleiesorten sind vorwiegend gröbere oder Schalkleie und feinere, Grand- oder Grieskleie. Verbesserungen im Mahlverfahren (Walzmühlen) machen es möglich, eine dritte Sorte von Kleie herzustellen, welche die Keime fast vollständig und ohne grosse Beimengung von Kleietheilchen der Kornschale enthält. Diese Abfälle benutzt man mit Vortheil, da sie ausser den Schalen noch mehr oder weniger Kleber etc. und Stärke einschliessen, ähnlich wie das Schwarzmehl, als Beifutter neben proteinarmen, wasserreichen Futtermitteln oder zur Herstellung von Kleie- resp. Mehltrank. Weizen- und Gerstenkleie empfehlen sich auch als Zusatz zu solchen Nährmaterialien, welche eine stopfende Wirkung ausüben (Hülsenfrüchte etc.) Die Ausnutzung der N-haltigen Substanzen in der Kleie ist um so geringer, je grösser der Holzfasergehalt und beträgt rund $^4/_5$ der Trockensubstanz. Haferhülsen, Reis- und Erbsenschalen haben fast gar keinen Futterwerth. Roggenkleie äusserst eine relativ günstigere Nährwirkung als Weizenkleie. Ritthausen führt diesen Umstand auf das in der ersteren reichlicher vorkommende Mucedin zurück, welches leichter resorbirt werden soll, als das in der Weizenkleie überwiegende Gliadin. Trotzdem empfiehlt sich Roggenkleie im Allgemeinen nur für Wiederkäuer. Nichteiweiss kommt in der Weizenkleie nach E. Wolff zu 11,7 pCt. des Gesammt-N vor. Es finden sich:

(Siehe Tabelle Seite 132.)

In die Kleie geht die Hauptmasse der Aschebestandtheile der Körner über, unter denen der hohe Procentsatz an Magnesiumverbindungen auffällig hervortritt. Weizenkleie enthält 17 pCt., Roggenkleie 16 pCt., Gerstenkleie 12 pCt. der Gesammtasche an Magnesia; 50 pCt. bestehen aus Phosphorsäure. Die Bildung von Darmsteinen

In 100 Theilen	Wasser	N-haltige Substanz		Fett		N-freie Extractstoffe		Holzfaser	Asche	Nährstoff-Verhältniss
		Rohprotein	Resorbirbar	Rohfett	Resorbirbar	Stärke und Zücker etc.	Resorbirbar			
Weizenkleie, feine mit Grieskleie .	13,1	14,0	11,8	3,8	3,0	55,0	44,4	8,7	5,4	1 : 4,4
Weizenkleie, grobe	12,9	15,0	12,6	3,2	2,6	52,5	42,7	10,1	6,6	1 : 3,9
Roggenkleie . . .	12,5	14,5	12,2	4,5	3,6	58,6	46,2	7,2	5,2	1 : 4,5
Gerstenkleie . . .	12,0	14,8	11,5	4,1	3,6	45,6	43,2	19,4	4,1	1 : 4,5

bei Pferden und Harnconcrementen bei Sprungwiddern (Zürn), nach anhaltender Kleiefütterung erklärt sich hieraus zur Genüge. Knochenkrankheiten sind ebenfalls beobachtet worden (Krüschkrankheit).

2. Rückstände des Oelmühlenbetriebes.

Bei der Gewinnung vegetabilischer Fette aus mancherlei Sämereien und Früchten verbleibt das in ihnen enthaltene Eiweiss, die Kohlehydrate etc. nebst einem variablen Fettantheil (Extractionsmehle besitzen nur den 3. bis 4. Theil der Pressrückstände), in den Rückständen. Die Presskuchen empfehlen sich in zerkleinertem Zustand (zerstampft oder grob gemahlen) als N-reiches Trocken-Beifutter für die landwirthschaftlichen Nutzthiere meist dann, wenn es sich um Erzielung eines hohen Milchertrages oder um Mästungszwecke handelt. Die Verwerthung als Futtermittel setzt natürlich eine frische, unverdorbene Beschaffenheit der Kuchen und die Abwesenheit toxisch wirkender Substanzen voraus.

Wolff theilt die Oelrückstände nach ihrem Gehalt an Rohprotein in folgende drei Gruppen:

1. Rückstände mit einem Gehalt von 16—24 pCt. Rohprotein und zwar herrührend von Palmkernen, Cocosnüssen, ungeschälten Bucheln. 2. Solche mit 25—35 pCt. Rohprotein von Rapssamen, Leinsamen, Leindottersamen (Myagrum sativum, Crucifere), Hanffrüchten, Nigerfrüchten (Heliopsis oleifera, Composite), ungeschälten Baumwollensamen, Madiafrüchten (Madia sativa, Composite). 3. Mit 36—50 pCt. Rohprotein, von Erdnusssamen und Früchten (Arachis hypogäa, Papilionacee), Sesamsamen, (Sesamum indicum), Sonnenblumenkernen, geschälten Bucheln, Candlenüssen (Jatropha moluccana, Euphorbiacee), geschälten Baumwollensamen. Die Nichteiweissstoffe sind relativ unbedeutend (bei Rapskuchen 10,7 pCt., sonst nicht mehr als in Körnern, 3—8 pCt. des Gesammt-N) und bestehen aus N-haltigen Glycosiden, Säureamiden und Amidosäuren. Der Gehalt an Rohfett bewegt sich zwischen 2,3 pCt. (Entöltes Leinmehl) und 15,2 pCt. (Madiakuchen), im Mittel zwischen 7—8 pCt.

Die Verdaulichkeit der Nährstoffe stellt sich durchschnittlich eben so hoch als diejenige der Körner. Zur Ernährung eignen sich trotzdem nicht alle gleichmässig für beliebige Thiere, da verschiedentliche schädigende Einwirkungen beobachtet worden sind,

über deren Ursachen zumeist nur vage Vermuthungen existiren. Buchelkuchen*) z. B. an Pferde, selbst in geringen Quantitäten (500 *g*) verfüttert, können einen letalen Ausgang herbeiführen, während Rinder davon unbeeinflusst bleiben. Bei letzteren erzeugen Mohnkuchen eine fadenziehende Milch, Rapskuchen in grossen Quantitäten (1,5 *kg* p. d.) eine bittere Milch und ein Butterfett von öliger Beschaffenheit, Baumwollensamenkuchen, namentlich ungeschälte, heftige Erkrankungen, Leindotterkuchen bei tragenden Kühen Verkalben etc. Die Zusammensetzung der gangbarsten Producte ist nach Wolff folgende:

In 100 Theilen	Wasser	N-haltige Substanz		Fett		N-freie Extractstoffe		Holzfaser	Asche	Nährstoff-Verhältniss
		Rohprotein	Resorbirbar	Rohfett	Resorbirbar	Stärke etc	Resorbirbar			
Erdnusskuchen (gesch.)	10,6	46,0	42,3	8,0	6,9	24,0	24,5	5,4	5,6	1 : 1,0
Bauwollensamenkuchen gesch.)	11,2	43,0	36,6	12,3	10,8	20,7	19,7	5,2	7,6	1 : 1,3
Rapskuchen	11,3	31,6	25,3	9,6	7,7	29,9	23,8	11,0	7,1	1 : 1,7
Leinkuchen	12,2	29,5	24,8	9,9	8,9	29,9	27,5	9,7	8,8	1 : 2,0
Palmkuchen	10,5	15,9	15 1	8,0	7,6	41,0	55.2	20,4	4,2	1 : 4,9

3. Fabrikationsrückstände nach Extraction der Kohlehydrate.

a) Rückstände nach Stärkemehlgewinnung

Die bei der Stärkefabrikation gewonnenen Abfälle sind je nach dem verwendeten Rohmaterial verschieden.

Bei der Fabrikation der Kartoffelstärke verbleiben die sogenannten Kartoffelfasern oder die etwas mehr Wasser enthaltende Kartoffelpulpe, bei der Fabrikation der Weizen-, Mais-, Reisstärke die Schalen oder Kleien als Träber, ferner ein mehr oder weniger N-reicher Stärke-Schlamm, der unter dem Namen »Schlämpe« bald frisch verwendet, bald behufs längerer Aufbewahrung zu späterer Benutzung getrocknet wird. Der von der Weizenstärkefabrikation rückständige Kleber bildet eine trockene, brüchige Masse, welche Schafe als Mastfutter gern aufnehmen; die sonstigen Abfälle nutzt man mit entsprechendem Kraft- resp. Rauhfutter vorzugsweise für die Schweinemast aus. Kochen und Dämpfen erhöht den Nährwerth. Der Procentsatz an N-haltigen Substanzen ist ausserordentlich verschieden; derselbe variirt bei frischen Träbern und Schlämpe zwischen 1—4, bei getrockneter Schlämpe zwischen 14—18 pCt., Weizenkleber erreicht die höchste Ziffer mit 69 pCt. Die erwähnten Rückstände sind im Allgemeinen sehr arm an Salzen und deshalb eine Beimengung von Kochsalz und Knochenasche unbedingt erforderlich.

Das hergestellte Product, die käufliche Stärke enthält immer noch etwas Eiweiss

*) Aus Bucheckern- und Baumwollensamenpresskuchen konnte R. Böhm durch Extraction cholin- und muscarinähnlich wirkende Basen in nicht unerheblichen Quantitäten isoliren.

(Oertmann), Weizen- und Kartoffelstärke, ausserdem freie Schwefelsäure von der Fabrikation, oder Milchsäure von Zersetzungsvorgängen herstammend. Mais- und Reisstärke reagirt wegen der bei der Fabrikation verwendeten Natronlauge resp. Soda mehr oder weniger stark alkalisch (König).

Die Verdaulichkeit der organischen Nährstoffe wird bezüglich aller hier aufgeführten Abfälle und auch der Producte als eine absolute angesehen.

b) Rückstände des Brauerei- und Brennereibetriebes.

Malzkeime. Dieselben werden durch Reibevorrichtungen von dem gedarrten Malz (gekeimte Gerste — Grünmalz — künstlich getrocknet) getrennt und dienen als leicht verdauliches, schmackhaftes Nahrungsmittel für Fohlen, Kälber und Lämmer in der Absatzperiode, sonst als Milch- und Mastfutter für Rinder und Schweine. Von den 24 pCt. N-haltiger Substanz kommt $^1/_4$ auf Nichteiweiss, darunter N-haltige Fermente und 2—3 pCt. Asparagin. Die Asche (7,2 pCt.) enthält reichlich Phosphorsäure Nährstoffverhältniss 1 : 2,5.

Bierträber, die unlöslichen abgeseihten Bestandtheile des »eingemaischten«, geschrotenen Malzes, sind im frischen Zustande nur dann gedeihlich, wenn saure Gährung noch nicht eingetreten ist. Getrocknet haben sie sich als ein für Milchkühe vortheilhaftes und zusagendes Futter bewährt. Durch das Trocknen erhöht sich der Proteingehalt von 6 auf 18 pCt., die N-freien Extractstoffe von 10 auf 42 pCt., die Asche von 1 auf 7 pCt., worunter $^1/_4$ (rund 2 pCt.) Phosphorsäure nachweisbar, eine Quantität, die sich sonst nur noch in der Kleie und den Oelrückständen vorfindet. Nährstoffverhältniss 1 : 3,4.

Die Fabrikation von Spiritus aus stärkemehlhaltigen Rohstoffen beschränkt sich in Deutschland hauptsächlich auf Kartoffeln und Roggen; es kommen somit von den Rückständen der Branntweinfabrikation Kartoffelschlämpe und Roggenschlämpe als Futtermittel in Frage, deren Zusammensetzung wesentlich von der Betriebsweise abhängt.

Roggenschlämpe hat grösseren Nährwerth als die von Kartoffeln herrührende. Durchschnittlich variirt die Trockensubstanz zwischen 5—9 pCt.; die N-haltigen Substanzen überschreiten selten 2 pCt. Die noch vorhandenen Reste von Kohlehydraten betragen kaum 5 pCt. Aschegehalt 0,5 pCt., mittleres Nährstoffverhältniss 1 : 3,7.

Als Futtermaterial können diese Rückstände nur dann benutzt werden, wenn Rauhfutter in reichem Maasse nebenher verabfolgt werden kann. Für Jungvieh, hochtragende und säugende Thiere empfiehlt sich Schlämpe durchaus nicht. Rinder über ein Jahr dürfen dieselbe nur zu $^1/_5$—$^1/_4$ ihres Nährstoffquantums, Mastschafe und Mastschweine zu $^1/_3$ (2—3 *l* pro 50 *kg*), Mastrinder höchstens bis zu $^2/_3$ (Maximum 150 *l* p. d.), Arbeitspferde bis zu 10—20 *l* p. d. erhalten und zwar möglichst frisch und lauwarm (Zürn). Trotz alledem stellen sich häufig genug Krankheiten ein (Darmkatarrhe, Schlämpemauke, Schlämpehusten etc.).

c) Rückstände von der Zuckerfabrikation.

Für Deutschland kommt als Rohmaterial zur Gewinnung des Zuckers nur die Zuckerrübe in Betracht.

Der in derselben enthaltene Saft, aus welchem man den Rohzucker durch Reinigen mit Kalk und Eindampfen gewinnt, wird entweder durch Auspressen, Ausschleudern (Centrifugiren) oder durch Auslaugen des Rübenbreies resp. der »Schnitzel« in geschlossenen Zellen (Diffusion) von den nicht flüssigen Rückständen getrennt. Letztere sind nach der Fabrikationsmethode verschieden; man unterscheidet:

Rübenpresslinge, mit 2 pCt. N-haltiger Substanz, 17 N-freier (excl. 5 pCt.

Rohfaser), 2 pCt. Asche, Nährstoffverhältniss 1 : 12,2. Zur Hälfte des Nährstoffbedarfs an Mastrinder und Mastschafe, frisch getrocknet oder eingesäuert neben Rauhfutter und Oelrückständen.

Centrifugen- und Diffusionsrückstände sind frisch noch wasserreicher, werden aber durch Auspressen und Einsäuern vielfach zu einem etwas concentrirteren Futtermittel umgewandelt.

Der von der Krystallisation des Rohzuckers verbleibende Syrup bildet die Melasse, welche hin und wieder als Rohmaterial zur Spiritusgewinnung benutzt wird. Die in solchen Fällen restirende Melassenschlämpe,*) welche mitunter verfüttert wird, eignet sich weit mehr als Dung- denn als Futtermittel.

Die Nahrung.

Nur wenige der bisher betrachteten Nahrungsmittel enthalten die Nährstoffe in einer derartigen Combination, dass bei ausschliesslicher Verwendung eines Futtermittels der Nährstoffbedarf des Organismus gedeckt werden kann. Dergleichen Substanzen repräsentiren somit zugleich eine Nahrung, wie z. B., abgesehen von der Milch und dem Fleisch für die Fleischfresser, das Grünfutter und Heu für die Pflanzenfresser. Voit bezeichnet als Nahrung ein Gemisch von solchen Substanzen, welche den Verlust des Organismus an Eiweiss, Fett, Wasser und Asche zu verhüten, eventl. den Bestand desselben zu vermehren im Stande sind. In den allermeisten Fällen besteht die Nahrung aus einer Mischung verschiedener Nahrungsmittel, welche bestimmten Anforderungen genügen muss, um als zweckentsprechend zu gelten. Zunächst ist erforderlich: 1. ein ausreichendes Quantum der Gesammtnahrung. In dieser Beziehung ist die Körpergrösse von hervorragendem Einfluss; mit der Zunahme des Körpergewichts nimmt die pro Kilo erforderliche Nahrungsmenge ab. Dieses Gesetz beherrscht auch die Grösse des Nahrungsbedürfnisses innerhalb verschiedener Thierclassen, offenbar im Zusammenhang damit, dass grosse Thiere relativ geringere Oberflächenentwickelung**) zeigen. 2. Ein bestimmtes Volumen. Für Pflanzenfresser genügt aus früher berührten Gründen eine Nahrung concentrirter Form nicht. Nach Haubner muss das Volumen der täglichen Nahrung einer Gewichtsmenge von Rauhfutter entsprechen, welche beträgt:

---

*) Aus vergohrener Melasse isolirte Morin ein bei 155—220° siedendes Basengemisch und eine bei 171—172° siedende Base von der Zusammensetzung $C_7 H_{10} N_2$ welche im Geruch an Pyridin erinnert und mit Alkaloidreagentien Fällungen giebt. Nach Wurtz stellt die letztere ein mässiges Gift dar, das von Tauret mit β-Glycosin, einem durch NH_3-Einwirkung auf Glycosen entstehenden Körper identificirt wurde.

**) Für Hunde bestimmt man die Körperoberfläche aus dem Gesammtgewicht in Gramm mittelst der von Rubner für die Meeh'sche Formel $k = \frac{O \sqrt[3]{G}}{G}$ (O = Oberfläche, G = Gewicht) berechneten Constanten. Durch Ausmessung der Oberfläche wurde k zu 11,16 gefunden. Die Oberfläche demnach: $O = k \sqrt[3/2]{G}$.

	Minimum	Med.	Maximum
für Pferde	2,5 *kg*	4—5 *kg*	10 —12,5 *kg*
für Rinder	3 »	5—6 »	12,5—15 »
für Schafe	0,5 »	1 »	2 — 2,5 »

3. Ein passendes Verhältniss der als resorptionsfähig angenommenen N-haltigen Nährstoffe zu den N-freien. Enthält ein Nahrungsmittel einen der Nährstoffe überwiegend, wie mageres Fleisch z. B., Eiweiss resp. Kartoffeln, Kohlehydrate, so müsste, um den Bestand des Organismus in dem einen Fall an N-freien, im anderen an N-haltigen Bestandtheilen zu schützen, bei Fleischnahrung eine unverhältnissmässig grössere Menge Eiweiss, bei Kartoffelkost eine eben solche an Kohlehydraten vom Organismus verarbeitet werden, während bei einem Gemisch von Fleisch und Kartoffeln relativ geringere Gesammtquantitäten für den angegebenen Zweck ausreichen. — Zur Verhütung der Eiweissabgabe vom Körper kann dies Nahrungs-Eiweiss durch keinen anderen Nährstoff ersetzt werden; ein Minimum, welches als ein für die mannigfachen Nutzungszwecke verschiedenes empirisch ermittelt ist, muss constant vorhanden sein. Dieses Minimum erweist sich auch beim Pflanzenfresser immer grösser, als die im Hungerzustand pro Gewichtseinheit zerstörte Quantität.

Wenn es sich dagegen um Ersatz der bei einer bestimmten Nahrung täglich erlittenen Einbusse an Fett handelt, so lässt sich dieser Verlust, wie Rubner zeigte, durch Zufügung einer der zerstörten gleichen Gewichtsmenge Fett zu der bisherigen Nahrung verhüten: Das Fett der Nahrung ist dem Fett des Körpers stofflich äquivalent, isodynam. Dasselbe gilt für die Kohlehydrate der Nahrung, nur mit dem Unterschied, dass hiervon entsprechend mehr, rund 2,40 mal soviel erforderlich ist, um denselben Zweck zu erfüllen als 1 Theil Nahrungsfett*). Weil Fett und Kohlehydrate in gleichartigem Sinne auf den Stoffumsatz wirken, ist man berechtigt, sie unter der Bezeichnung N-freie Nährstoffe den N-haltigen, genauer den eiweissartigen Nährstoffen gegenüberzustellen. Das Verhältniss der Gesammtsumme von Fetten und Kohlehydraten, wobei die Fette mit ihrem Nährstoffäquivalent den Kohlehydraten hinzugerechnet werden, zu der Quantität der resorbirbaren N-haltigen Substanzen, letztere gleich 1 gesetzt, bezeichnet man als Nährstoffverhältniss.

Je nach der Verwendungsweise unserer landwirthschaftlichen Nutzthiere ist es nothwendig, die Zusammensetzung der Nahrung nach den soeben angedeuteten Gesichtspunkten zu regeln, wenn anders man ausreichend, aber ohne Verschwendung zu füttern beabsichtigt.

In welcher Weise dies zu geschehen hat, soll nun für die speciellen Fälle kurz hervorgehoben werden.

---

*) Bezüglich der Begründung muss auf die bei »Mastfutter« (S. 142) gemachten Angaben verwiesen werden.

A. Erhaltungsfutter.

Gelegentlich der Erörterung des Verhaltens des Organismus bei Eiweisszufuhr wurde erwähnt, dass man mit der Bezeichnung Erhaltungsfutter keinen einheitlichen Begriff verbindet. Im vorliegenden Falle handelt es sich um die Ermittelung des Minimum an täglicher Nahrung, ausreichend, um volljährige Thiere bei völliger Stallruhe in einem mittleren Ernährungszustand zu erhalten.

Das Pferd beansprucht nach dem Ergebniss der vor längerer Zeit in Hohenheim ausgeführten Versuche pro 500 *kg* Körpergewicht ein Quantum von 4,2 *kg* Gesammtnährstoff (resorbirte organische Substanz, einschliesslich Fett mal 2,40), in einem Futterquantum mit 8—10 *kg* Trockensubstanz. Als Minimum an resorbirbarer N-haltiger Substanz kann man darin 0,5 *kg* (80 *g* N) annehmen und 3,7 *kg* N-freie Substanz, so dass das Nährstoffverhältniss sich auf 1 : 7,4 stellt. Die Gesammtquantität an Nährstoff ist fast dieselbe als jene, welche Henneberg und Stohmann als Nährstoffbedarf volljähriger Ochsen fanden, nämlich auf dasselbe Körpergewicht bezogen 4,1 *kg*; letztere reichen aber bereits mit 0,3 *kg* Eiweiss im Minimum aus, weshalb das Nährstoffverhältniss bei 3,8 *kg* Kohlehydrat (incl. 50 *g* Fett mal 2,40) sich auf 1 : 12,5 erweitert.

Besonderes Interesse erregt der auf das Kilo Lebendgewicht reducirte Eiweissumsatz, welcher sich beim Pferd auf 1,0 *g*, beim Ochsen auf 0,6 *g* beläuft. Im Mittel zerstört demnach ein grosser Pflanzenfresser im Beharrungszustand 0,8 *g* Eiweiss, nur $^1/_3$ mehr auf die Gewichtseinheit als im Hungerzustand, wohingegen der Fleischfresser günstigsten Falls etwas mehr als das Doppelte des im Hunger zerstörten umsetzt*).

Herstellen lässt sich das Erhaltungsfutter für Pferde, indem man Wiesenheu unter Beigabe einer kleineren Menge von Stroh der Halmfrüchte verabreicht oder aus Wiesenheu mit etwas Strohhäcksel und Hafer, diesen nicht ganz zur Hälfte der Gesammtmenge. Bei ausschliesslicher Fütterung mit Wiesenheu sind davon 10,5 *kg* (mit 85 pCt. = 8,93 Trockensubstanz) erforderlich, worin durchschnittlich 4,3 *kg* Gesammtnährstoff mit 0,6 *kg* resorbirbarem N-haltigen Material (96 *g* N) enthalten sind. Das Nährstoffverhältniss würde dann 1 : 6,2 betragen. Für den Ochsen leistet obigen Bedingungen Genüge ein Futter bestehend z. B. aus 6,5 *kg* Haferstroh, 1,86 Kleeheu, 0,28 *kg* Rapskuchen (und 0,045 *kg* Salz), denn hierin finden sich, wenn der Gehalt an resorptionsfähigen Nährstoffen in Kilogramm ausgedrückt, nach den früher mitgetheilten Daten berechnet wird:

---

*) Der Versuchshund von J. Munk, welcher nach einer längeren Hungerperiode bei einer aus 200 *g* Fleisch und 500 *g* Kohlehydraten bestehenden Kost nur 0,98 *g* Eiweiss pro Kilo umsetzte, kann als Vergleichsobject füglich nicht dienen, weil N-Gleichgewicht noch nicht eingetreten war und durchschnittlich mit Individuen zu rechnen ist, welche nicht durch Hunger in ihrem Ernährungszustand zurückgekommen sind.

Erhaltungsfutter der Ochsen pro 500 *kg*	Trocken-substanz	Resorbirbare organische Stoffe			Asche	Ge-sammt-nährstoff	Nähr-stoffver-hältniss
		N-haltige	N-freie	Fette			
6,5 Haferstroh .	5,67	0,091	2,60	0,046	0,26	2,997	
1,86 Kleeheu .	1,56	0,130	0,71	0,023	0,04	0,903	
0,28 Rapskuchen	0,25	0,071	0,07	0,022	0,02	0,180	
0,045 Salz . .	—	—	—	—	0,04	0,040	
Sa.	7,52	0,292	3,38	0,091	0,36	4,120	1 : 12

Die Aschebestandtheile bei Erhaltungsfutter betragen auf 500 *kg* Lebendgewicht mindestens 0,018 *kg* Phosphorsäure, 0,11 *kg* Alkalien und 0,04 *kg* Kalk (Henneberg).

Schafe, welche ausschliesslich zur Wollproduction gehalten werden, brauchen sich nur in einem guten mittleren Ernährungszustand zu befinden, um diesem Zweck vollständig zu entsprechen. Schon von vornherein wird man sich aber sagen müssen, dass das Beharrungsfutter für diese kleinere Thiergattung eine grössere Quantität Nährstoffe auf die Gewichtseinheit erfordern dürfte und in der That haben sich durch Versuche als nothwendig herausgestellt pro 500 *kg* 0,6—0,75 *kg* Eiweiss und 5,4—6 *kg* N-freie Nährsubstanzen, in einem Verhältniss von 1 : 9 resp. 1 : 8, mithin pro Kilogramm Lebendgewicht 1,2—1,5 Eiweiss. Es sind dies relativ eben so grosse Quantitäten als sie der Fleisschfresser im Minimum benöthigt, um bei einer aus Fleisch und Fett bestehenden Kost seinen Eiweissbestand vor Verlust zu schützen, denn sie belaufen sich gleichfalls etwas über das Doppelte des im Hunger zersetzten Eiweiss.

Am günstigsten beeinflusst die Wollproduction ein Futter, welches innerhalb der gegebenen Norm ausschliesslich als Heu eventl. unter Zusatz von wenig concentrirtem Beifutter hergestellt wird.

B. Mastfutter.

Der thierische Organismus ist bei entsprechend geleiteter Fütterung in der Lage, seine Organmasse zu vergrössern. Die Zunahme betrifft vorzugsweise das Fettgewebe (Panniculus, Knochenmark, intermusculäres und subseröses Bindegewebe), aber auch eiweisshaltige Organe. Nach den von Lawes und Gilbert angestellten Versuchen vertheilt sich die bei der Mästung erfolgte procentische Körpergewichtszunahme:

	Wasser	Trocken-substanz	Eiweiss	Fett	Aschebestand-theile
beim Ochsen auf	24,6	75,4	7,69	66,2	1,47
beim Schaf auf	20,1	79,9	7,13	70,4	2,34
beim Schwein auf . .	28,6	71,4	7,76	63,1	0,53

An der Hand der Kenntnisse von den Ernährungsgesetzen lässt sich unschwer einsehen, dass es sich bei der Eiweisszunahme des Organismus nur um eine Bereicherung desselben an Organ- und circulirendem Eiweiss handeln kann, woran sicherlich die Musculatur in erster Linie betheiligt ist, wie schon der Augenschein lehrt. Das Fleisch hungernder Thiere ist derb und relativ trocken, des gemästeten saftiger und durchschnittlich auch voluminöser. Henneberg, Kern und Wattenberg constatirten bei gemästeten Schafen eine Vermehrung des löslichen Eiweiss im Fleischsaft, wahrscheinlich im Zusammenhange mit einer Zunahme des circulirenden.

Es steht ferner im Einklang mit dem bereits früher Angeführten, dass jede auf Fettproduction abzielende Fütterung bei einem schlecht genährten, magerem Thier zuvörderst den Eiweissumsatz beschränkt resp. einen Eiweissansatz bewirkt.

Im Allgemeinen wird das Bestreben obwalten, den Eiweissgehalt des Thieres binnen möglichst kurzer Zeit zu vergrössern, um möglichst früh jenen Zustand zu erreichen, welcher für die Fettablagerung die unumgängliche Disposition schafft. Am zweckmässigsten wählt man zu diesem Behufe einen ausgiebigen Fütterungsmodus mit einem relativ engen Nährstoffverhältniss 1 : 5, so dass bei Rindern auf 500 *kg* Körpergewicht 1,25 *kg* resorbirbares N-haltiges und 6,25 *kg* N-freies Material zur Aufnahme gelangen, pro Kilo demnach 2,5 *g* Eiweiss. Als Hauptfutter eignet sich Kleeheu, als Beifutter Getreideschrot und Oelkuchen etc.

Nach Verlauf von 2—3 Wochen, der Zeit der event. »Vormast«, kann man die neben der Vermehrung des Körpereiweiss bereits eingeleitete Fettbildung zu einer intensiveren gestalten, wenn die N-freien Substanzen bei gleichbleibender Eiweissmenge im Futter so weit erhöht werden, dass das Nährstoffverhältniss sich etwas erweitert, etwa zu 1 : 6,5, welcher Anforderung eine Steigerung des N-freien resorbirbaren Nährmaterials auf 8,125 *kg* pro 500 Lebendgewicht Genüge leistet. —

Die im Mastfutter enthaltenen organischen Nährstoffe, das Eiweiss, das Fett und die Kohlehydrate concurriren sammt und sonders bei der Bildung von Fett.

Ausser dem schon bekannten, aus den Fütterungsversuchen mit Hunden hergeleiteten Argument, welches für die Möglichkeit der Entstehung von Fett aus Eiweiss spricht, lässt sich noch eine Reihe anderer Thatsachen für diese Hypothese ins Feld führen: Virchow's Studien über fettige Degeneration der eiweissreichen, elementaren Formbestandtheile unter pathologischen Verhältnissen, die Entstehung von Leichenwachs oder Adipocire (stearin- und palmitinsaurer Kalk) aus parenchymatösen Organen, Muskeln*), der hohe Fettgehalt der Milch

---

*) Nach Erman soll eine Umwandlung der eiweisshaltigen Gewebe in Fett bei Fäulniss in feuchter Erde oder Wasser nicht stattfinden; die fettigen Massen des Leichenwachses entstammen nach E. vielmehr dem bei Lebzeiten im Körper vorhandenen Fett,

säugender Hündinnen bei ausschliesslicher Zufuhr von fettfreiem Fleisch (Subbotin, Voit, Kemmerich) und endlich der Nachweis der Entstehung von Palmitinsäure bei der Fäulniss von entfettetem Eiweiss (E. u. H. Salkowski). Das aus dem Nahrungseiweiss abgespaltene Fett fällt, wenn dem Körper sonst nur Fett allein in der Nahrung geboten wird, der Zerstörung leichter anheim als das letztere. Sind ausserdem auch noch Kohlehydrate in der Nahrung vertreten, so zerfallen diese, als die leichter verbrennlichen Substanzen, zu allernächst in ihre Endproducte und schützen deshalb eventuell auch den aus dem Eiweiss abgespaltenen N-losen Theil vor weiterer Zersetzung; man kann deshalb den Kohlehydraten in diesem Sinne eine fettsparende Wirkung vindiciren. Enthält die Nahrung einen grossen Vorrath an Kohlehydraten, dann betheiligen sich dieselben auch an directer Fettbildung, indem ein Bruchtheil der Zerstörung entgeht und zu Fett umgewandelt wird. Ordnen wir die Nährsubstanzen nach der Intensität ihrer Betheiligung an der Fettbildung, so entspricht die Reihenfolge gleichzeitig dem Procentsatz des aus ihnen zu erwartenden Fettquantums. Am leichtesten gelangt das Nahrungsfett zum Ansatz im Maximum mit 55 pCt., dann folgt Fett aus Eiweiss mit 45 pCt. und schliesslich Fett aus Kohlehydraten mit 6 pCt.

Für den Pflanzenfresser kann die directe Zuführung von Fett (Rüböl z. B.) zu Mastungszwecken aus bekannten Gründen für das Rind höchstens zu 0,25—0.5 *kg* (bei Mastschweinen zu 0,03—0,04 *kg*) in Betracht kommen; eine alternirende Steigerung von Eiweiss und Kohlehydraten in der Nahrung scheint somit in Uebereinstimmung mit den beim Fleischfresser unter abwechselnder Zulage von Fleisch und Fett gemachten Erfahrungen das günstigste Resultat zu liefern, ein Verfahren, dessen Zweckmässigkeit in der Praxis seine volle Bestätigung gefunden hat. Dieser Ueberlegung trägt eine einseitige Erhöhung der Kohlehydrate in dem oben angegebenen Massstabe vollauf Rechnung. Als begünstigendes Moment fällt hierbei der Umstand in die Wagschale, dass höchst wahrscheinlich beim Pflanzenfresser die Kohlehydrate eine bei weitem ausgiebigere directe Fettbildung zu Wege bringen, als sich bei den Versuchen an Fleischfressern herausgestellt hat. So berechnet H. von Liebig aus den von Lawes angestellten Fütterungsversuchen mit Schweinen, sowie jenen von Lehmann und Heiden, dass aus 100 *g* Stärke bis 13,8 *g* Fett hervorgehen kann, und den mit derselben Thiergattung ausgeführten Versuchen von Meissl und Strohmer ist zu entnehmen, dass die angesetzte neugebildete Fettmenge 21,5 pCt. vom Gewicht der in 2 *kg* Reis verzehrten Stärke beträgt. Ausserdem erleichtern die Kohlehydrate den Eiweissansatz in bedeutenderem Umfange als das Nahrungsfett.

---

welches in löslicher Form (Kalkseifen?) die Organe durchtränkt. Kratter constatirte jedoch durch mikroskopische Untersuchung einen stellenweis unterbrochenen, allmäligen Uebergang der quergestreiften Muskulatur in Fettwachs, keine Imprägnation in toto.

Gewöhnlich ist mit der zuletzt angegebenen Ration bei dem Nährstoffverhältniss 1 : 6,5 der höchste Grad der Mastfähigkeit noch nicht erreicht. Nach Wolff erhöht man, ganz entsprechend dem entwickelten Princip, etwa nach Verlauf eines Drittels der auf 2 1/2—3 Monat zu bemessenen Mastperiode nach und nach die Menge des Futtereiweiss bis auf ungefähr 1,5 *kg* (pro Kilogramm Körpergewicht 3 *g*), wodurch das Nährstoffverhältniss auf 1 : 5,5 verengt wird. Ein derartiges Futter genügt allen Anforderungen während der weiteren Dauer der Mast in ausreichendem Masse und ist als das eigentliche Mastfutter zu betrachten.

Gegen Ende der ganzen Mästungszeit, wo es sich vorzugsweise darum handelt, den vorhandenen Bestand an Fett zu erhalten, weil eine erhebliche Neubildung von Leibessubstanz nicht mehr zu erzielen ist, erscheint es durchaus rationell, unter Verminderung der N-haltigen Substanz im Futter (durch Ersatz von Oelrückständen, z. B. durch Getreideschrot) annähernd das weitere Nährstoffverhältniss der ersten Mastperiode wieder herzustellen.

Es führt dieses, auf empirischem Wege erprobte Verfahren, auf die Erörterung der Frage, in welchem Grade die in ihrer fettsparenden Wirkung bekannten Nährsubstanzen, zu denen ausser Fett und Kohlehydrat auch das Eiweiss zählt, sich in dieser Hinsicht von einander unterscheiden. Die Versuche von Pettenkofer und Voit lehren, dass, abgesehen von einem Minimum an Eiweiss, welches unter allen Umständen dem Organismus zugeführt werden muss, wenn er bestehen soll, Eiweiss, Fette und Kohlehydrate sich gegenseitig in der Erhaltung des Körperfettes vertreten können. Nach Angabe Voit's, welcher die eigenen Bestimmungen von vornherein für nicht ganz zuverlässig erklärt, sollten durch 164—175 Gewichtstheile Stärkemehl 100 Gewichtstheile Fett am Körper vor der Zersetzung geschützt oder 100 Theile Fett in der Nahrung ersetzt werden können. Rubner unterzog sich der Aufgabe, die Vertretungswerthe auf sicherer Grundlage zu ermitteln. Derselbe bestimmte an unmittelbar aufeinander folgenden Versuchstagen zuerst beim hungernden Thier, dann nach Verfütterung des auf seinen Vertretungswerth zu untersuchenden Nährstoffes die N-Ausscheidung in Harn und Koth nebst der CO_2-Ausscheidung in der Exspirationsluft und berechnete daraus die im Tage zersetzte Eiweiss-, Fett- event. Kohlehydratmenge. Auf diesem Wege brachte man in Erfahrung, wieviel an Körpersubstanz durch die Zersetzung des betr. Nährstoffes erspart wurde und konnte nunmehr Eiweiss, Fett und Kohlehydrat unter sich vergleichen in Bezug auf den Grad ihrer Leistungsfähigkeit, den Stoffverlust eines vorher hungernden Organismus aufzuheben. Die Art der Berechnung geht aus folgendem Beispiel hervor:

Am Hungertag (Mittel)	1,93 *g* N und	31,53 *g* C (aus Fett);	
bei Rohrzuckerfütterung	1,25 » » »	6,26 » » »	, wobei 77,1 *g* Zucker zersetzt wurden.
Differenz	— 0,68 *g* N u.	— 25,27 *g* C = 32,85 *g* Fett.	

0,68 *g* N × 2,64 (1 *g* »Fleisch«-N = 2,64 *g* Fett) = 1,79 *g* Fett. Also 32,85 + 1,79 = 34,64 Fett. Am Rohrzuckertage wurden also durch 77,1 *g* Rohrzucker 34,64 *g* Fett erspart oder 100 *g* Fett sind gleichwerthig »isodynam« mit 222 *g* Rohrzucker. Im Mittel aus mehreren Versuchen ergab sich der Werth 234; das Endergebniss lautet: 100 Theile Körperfett können erspart werden durch

	100	Theile	Nahrungsfett oder
	232	»	Stärkemehl oder
	234	»	Rohrzucker oder
	256	»	Traubenzucker oder
durchschnittlich	240	Theile	Kohlehydrat oder
	225	»	Syntonin oder
	243	»	fettfreies Muskelfleisch (trocken).

Das gefütterte Muskelfleisch ist dem abgeschmolzenen Organeiweiss in gleichen Gewichtsmengen isodynam, und es hat auch den Anschein, als ob die Bildung von organisirtem, lebendem Körpereiweiss aus unorganisirtem Nahrungseiweiss ohne wesentliche Aufspeicherung chemischer Spannkraft vor sich gehe, anders als bei den Pflanzen, in welchen die Eiweissbildung durch Vermittelung einer Synthese von Substanzen mit niedrig bewertheten chemischen Spannkräften zu solchen mit hohen sich vollzieht.

Weiter hat Rubner den Nachweis geführt, dass diejenigen Mengen von Nährstoffen, welche in Bezug auf die Verhütung des Fettverlustes bezw. Erzielung von Fettansatz isodynam sind, bei ihrer Oxydation gleiche Wärmemengen liefern,*) die Nährstoffe vertreten sich demnach in jenen Mengen, welche gleichen calorischen Werthen, einem gleichen Gehalt an chemischer Spannkraft, an potentieller Energie — verschiedene Bezeichnungen für wesentlich gleiche Begriffe — entsprechen. Die Summe der calorischen Werthe der zersetzten Stoffe giebt uns ein Mass für den Gesammtstoffwechsel. Der grösste Theil aller jener Processe, welche wir unter dem Namen Stoffwechsel zusammenfassen, ist seiner Bedeutung und Wirkung nach ein Wechsel der Kräfte, eine Umsetzung potentieller Energie in kinetische.**) Bis auf einen kleinen Bruchtheil der Gesammtzersetzung ist es gleichgiltig, welche Stoffe dem Körper zur Befriedigung des Stoffwechselbedürfnisses zugeführt werden. Nur das Eiweiss ist in einer 4—6 pCt. des Gesammtumsatzes deckenden Quantität durch keinen anderen Nährstoff zu ersetzen; 94—96 pCt. der Stoffwechselvorgänge sind Kraftübertragungsprocesse, für welche die Nährstoffe nach ihren isodynamen Werthen gegenseitig einzutreten vermögen.

---

*) Berechnungen der Vertretungswerthe der Nährstoffe auf Grund calorimetrischer Bestimmungen haben eine nahezu vollkommene Uebereinstimmung mit den durch den Thierversuch erhaltenen Zahlen ergeben.

**) Die Erklärung dieser Begriffsbezeichnungen folgt bei Besprechung des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft.

Hat also das zu mästende Thier den gewünschten Ernährungszustand erreicht, so kann, wenn das zur Erhaltung des N-Gleichgewichts nöthige Eiweissminimum im Futter vorhanden ist, der übrige Theil der Nährstoffe aus beliebigen derselben bestehen, ohne dass hierdurch das Resultat der Mast in Frage gestellt wird. Zweckmässigkeitsgründe führen auf den Ersatz eines Theiles der N-haltigen Nährstoffe durch billigere N-freie und somit zu einer Erweiterung des Nährstoffverhältnisses.

Schafmast betreibt man am vortheilhaftesten, wie dies durch Fütterungsversuche zu Weende, Hohenheim, Dresden, Braunschweig festgestellt wurde, bei einem Nährstoffverhältniss von 1 : 5,4 resp. 1 : 4,5 (eigentliches Mastfutter). Im Allgemeinen giebt man ebenso wie beim Ochsen auf 500 *kg* Lebendgewicht ca. 9—9,5 *kg* resorbirbare Nährstoffe; des regeren Stoffwechsels wegen bemisst man jedoch vortheilhaft für Schafe das Nährstoffquantum etwas reichlicher. Wolff empfiehlt Bohnenschrot und Wiesenheu als vorzügliches Mastfutter für letztere.

Bei Mastschweinen hat sich Gersteschrot, Maisschrot und Erbsenschrot, letzteres auch im Gemenge mit gedämpften Kartoffeln als sehr wirksam bewährt, jedoch wurde von erfahrenen Mästern beobachtet, dass Mais, desgleichen Reismehl und Fleischfuttermehl in grösseren Mengen dargereicht, öligen Speck und weiches Fleisch erzeugen. Molkerei-Abfälle sind sehr geeignet, an sich weniger zweckentsprechendes Mastfutter zu verbessern. Magere Schweine beanspruchen anfangs bedeutend grössere Futtermengen (20 *kg* Trockensubstanz auf 500 *kg* Lebendgewicht) als später (18—12). Bei dem wenig regen Stoffwechsel des Schweines vermögen die Kohlehydrate in noch umfangreicherem Masse als bei den grossen Pflanzenfressern zur Fettbildung beizutragen. Für die geringe Grösse des Stoffwechsels gerade beim Schwein geben ausser den Hungerversuchen auch die von Meissl angestellten Fütterungsversuche lehrreiche Aufschlüsse. Bei Reis- und Gerstefütterung zersetzte 1 *kg* Thier durchschnittlich 0,69 *g* Eiweiss, und das Maximum, 0,875 Eiweiss entspricht der doppelten der im Hunger zerstörten Quantität; ein mit Fleisch und Fett gefütterter Hund setzt im Minimum das doppelte der Hungerquote an Eiweiss um. Dieser geringe Stoffverbrauch steht aller Wahrscheinlichkeit nach im Zusammenhange mit einer in manchen Fällen als hochgradig zu bezeichnenden Anämie, worauf auch die alte Erfahrungsthatsache hinweist, dass bei Rindern durch Aderlässe die Mastfähigkeit begünstigt wird. Das Nährstoffverhältniss kann unter diesen Verhältnissen ohne Nachtheil bei fortschreitender Mast stetig erweitert werden und zwar nach Wolff von 1 : 5,5 auf 1 : 60 resp. 1 : 6,5.

Alle jene Momente, welche die Muskelthätigkeit einschränken, sind als die Mast fördernd zu betrachten. Hierzu sind zu rechnen Stallruhe, Castration etc. Bei Schafen kommt aus anderen, bei der Lehre von der Wärme zu erörternden Gründen noch die Wollschur für die Mast zur Geltung; schliesslich eine, bei Thieren, wie beim Menschen constatirbare individuelle Anlage für den Fettansatz.

Mitunter tritt die Aufgabe an den Thierarzt heran, ein fettreiches Individuum

von seinem Fettüberschuss zu befreien. In solchen Fällen wird man, da es sich fast immer um Fleischfresser handelt (Stubenhunde etc.) am vortheilhaftesten von der sog. Bantingkur Gebrauch machen, einer Entfettungsmethode, welche ursprünglich von Chambers und dann von Harvey angewendet wurde, von letzterem, um William Banting in die Lage zu bringen, seine Fussspitzen, welche derselbe Jahre hindurch nicht zu Gesicht bekommen hatte, mit eigenen Augen wieder sehen zu können. Dieselbe besteht in der fast ausschliesslichen Verabreichung N-haltiger Nahrungsmittel, speciell von Fleisch. Ein fetter Organismus setzt aus circulirendem Eiweiss leicht Organeiweiss an, der Vorrath des circulirenden Eiweiss wird geringer und der Eiweissumsatz nimmt ab. Kommt in einem fetten Körper durch reichliche Aufnahme von Eisweiss Organeiweiss zur Ablagerung, so muss wegen Abnahme der Eiweisszersetzung noch Fett vom Körper zerstört werden. Es verschwindet dadurch allmälig das Fett im Körper und es gelangt in Folge davon immer weniger Organeiweiss zum Ansatz; der Vorrath an circulirendem Eiweiss nimmt zu, und damit steigt jetzt der Eiweissumsatz. Schliesslich kann der letztere so gross werden, dass das abgelagerte Organeiweiss einschmilzt und selbst die grösste Eiweisszufuhr nicht mehr ausreicht, den Körper auf seinem Eiweissbestande zu erhalten (Voit). Zu diesem Zeitpunkte dürfte die Cur, welche durch möglichst ausgiebige Bewegung zu unterstützen ist, zweckmässig zu unterbrechen sein, um eventl. nach einiger Zeit bis zur Erreichung genügender Entfettung fortgesetzt zu werden. Eine wesentliche Förderung erfährt die Procedur durch Verringerung der Flüssigkeitsmasse des Körpers, entweder durch Vermehrung der Abgabe von Wasser und Reduction der Flüssigkeitsaufnahme (Carlsbader Cur) oder schon durch letztere allein (J. Oertel).

C. Arbeitsfutter.

Wie soeben auseinandergesetzt worden ist, vermögen die Nährsubstanzen mit ihrem vollen Verbrennungswerth zur Verhütung eines Verlustes von Körpermaterial während des Ruhezustandes einzutreten. Wie gestalten sich aber diese Verhältnisse für das arbeitende Thier? Eine Wechselbeziehung zwischen mechanischer Arbeit und dem Verbrennungswerth brennbarer Substanzen, d. h. in unserem Falle der im Körper oxydirbaren Nährstoffe ist bekanntlich ebenfalls vorhanden. Die Wärmemenge, welcher eine grossen Calorie*) entspricht, kann in eine Arbeitsleistung von 424 Kilogrammmeter umgesetzt werden. Ferner wissen wir, dass es wesentlich die N-losen Nährstoffe sind, auf deren Kosten der thierische Organismus Arbeit verrichtet.

Da über diesen Punkt ein Zweifel nicht mehr besteht, so könnten wir nach Analogie des Kraftwechsels in der Ruhe vermuthen, dass auch bei einer nach aussen hin zu leistenden Arbeit die betreffenden Nährstoffe mit ihrem totalen Verbrennungswerth für mechanische Arbeit eintreten.

Wie trügerisch dieser Schluss sein würde, ergiebt sich an der Hand des schon mehrfach herangezogenen Vergleichs. Die Arbeitskraft, welche

---

*) Diejenige Wärmemenge, welche im Stande ist, 1 *kg* Wasser von 15° auf 16° zu erwärmen, wird als grosse oder Kilogramm-Calorie (Cal.) bezeichnet, jene, welche 1 *g* Wasser in gleicher Weise erwärmt, als kleine oder Gramm-Calorie (cal.). 1 Cal. = 1000 cal. Die Calorien gelten als Einheitsmaass für Wärmemengen.

durch Verbrennung der zur Heizung einer Dampfmaschine nothwendigen Quantität Steinkohle zu erzielen ist, lässt sich leicht berechnen, wenn man den mittleren Verbrennungswerth der Kohle zu Grunde legt. Ein Gramm Steinkohle liefert je nach der Güte 6600—9600, bei Durchschnittsqualität 7500 cal. Vergleicht man aber die Werthe der berechneten und der thatsächlich geleisteten Arbeit, so findet man keine Uebereinstimmung. Selbst dann, wenn man den Arbeitswerth der Wärme des Wasserdampfes ganz allein berücksichtigt, erhält man von Niederdruckmaschinen im Mittel 15,7 pCt., von Hochdruckmaschinen 23,6 pCt., im Maximum 28,7 pCt der Wärme als Arbeit*). Ferner kommt hinzu ein unvermeidlicher, durch Leitung und Strahlung bedingter Wärmeverlust, dem ein ähnlicher, wenngleich nicht so hochgradiger bei dem thierischen Organismus sich an die Seite stellt; man darf nicht übersehen, dass die Dampfmaschine aus guten, der Körper aus schlechten Wärmeleitern aufgebaut ist Andererseits besteht aber eine principielle Differenz zwischen beiden in der Art und Weise der Arbeitsgewinnung aus dem Brennmaterial. Innerhalb der Dampfmaschine geschieht die Arbeitsleistung durch Vermittelung der Verbrennungswärme der Kohle. Die Wärme theilt sich dem Kesselwasser mit und erzeugt zunächst innere Arbeit, welche darin besteht, die Wassermolecüle in grössere Schwingungen zu versetzen (Auflockerungs- oder Disgregationsarbeit**). Erst jener durch den nicht nach aussen abgeleiteten Wärmerest sich entwickelnde Wasserdampf fördert das Werk. Die Arbeit des Thierkörpers, veranlasst durch die Contraction quergestreifter Musculatur, beruht auf einem directen Zerfall der chemische Spannkraft führenden Stoffe nach Art explosiver Substanzen, wobei Wärme nur nebenher gebildet wird. Jedenfalls wird diese Einrichtung geeignet sein, eine Erhöhung des Procentsatzes der seitens des thierischen Organismus effectiv ausgeführten Arbeit zu begünstigen.

Wieviel Arbeit kann man von einer bestimmten Menge Heizmaterial bei der Umsetzung im Thierkörper erwarten? Die Lösung dieses Problems für das Pferd hat E. Wolff in Angriff genommen, indem er von dem Gedanken ausging, zuerst das Maximum der nutzbaren Arbeit, welche ein Pferd im N-Gleichgewicht bei mässiger Ernährung zu leisten im Stande war, festzustellen und sodann zu ermitteln, bis zu welcher Höhe die Arbeitsleistung unter Beigabe einer gemessenen Quantität von Stärke etc. gesteigert werden kann. Als Maassstab für die Beurtheilung

---

*) Die gesammte Arbeit, welche in der Wärme steckt, kann niemals von einer Maschine geleistet werden, da keine Construction ausführbar ist, bei welcher die Wärme von der Temperatur des Dampfes im Kessel auf den absoluten Nullpunkt heruntersinkt, entsprechend der aus den beiden Hauptsätzen der mechanischen Wärmetheorie hergeleiteten Formel $W = Q_1 \frac{(T_1 - T_0)}{T_1}$ (cf. Wärme.)

**) Um 1 *g* Eis zu schmelzen, sind 79, um 1 *g* Wasser von 0° auf 100° zu erwärmen, 100, und um 1 *g* Wasser von 100° bei gewöhnlichem Atmosphärendruck in Dampf von 100° zu verwandeln, 536,5 cal. erforderlich.

der erhaltenen Versuchsresultate diente die N-Auscheidung durch den Harn in Verbindung mit der Controle des Körpergewichts. Bei einem Futter von täglich 6 *kg* Wiesenheu und 6 *kg* Hafer konnte ein Versuchspferd von 532 *kg* Lebendgewicht eine Arbeit von 500 Göpelumgängen (bei 76 *kg* Zugkraft) verrichten, wobei das N-Gleichgewicht soeben noch gewahrt blieb. Nach Zulage von 1 *kg* lufttrockener Stärke vermochte das Pferd 200 Umgänge mehr auszuführen, ohne hierdurch einen Verlust von N-haltigem Körpermaterial herbzuführen. Von der verzehrten Stärke wurden 613,8 *g* Trockensubstanz resorbirt. Der Wärmewerth von 1 *g* völlig trocknen und reinen Stärkemehls beträgt 4123 cal. (Stohmann), derjenige der im Ganzen resorbirten somit 2530 (*kg*-)Cal., entsprechend 1 072 000 Kilogrammmeter möglicher Arbeit. Da aber durch 200 Göpelumgänge bei 76 *kg* Zugkraft und 520 *kg* Lebendgewicht des Thieres nur 538 712 Kilogrammmeter Arbeit producirt wurden, beläuft sich der mechanische Nutzeffect der resorbirten Stärke auf 50 pCt.

Ein ganz übereinstimmendes Resultat lieferte ein entsprechend geleiteter Versuch mit einer Beigabe von Leinsamen. Für den resorbirten Antheil des in demselben enthaltenen Fettes (Verbrennungswärme von 1 *g* Leinöl 9328 cal.) ergab sich ein Nutzeffect von 49 pCt.*) Das Eiweiss betheiligt sich ebenfalls an der Kraftproduction. Bei der Berechnung des Nutzeffects sind von dem Bruttowerth der Verbrennungswärme nach Rubner 22 pCt. für die in den Excreten als Harnstoff etc. austretenden Spaltungsproducte, welche auf die Arbeitsleistung keinen Einfluss ausüben, in Abzug zu bringen. Nehmen wir als Mittelwerth der Verbrennungswärme der Eiweisssubstanzen für 1 *g* Substanz 5567 cal. an, so bleiben 4350, eine Zahl, welche sich von dem calorischen Werth der Stärke (4123) so wenig unterscheidet, dass man beide als gleich betrachten kann. Wolff macht darauf aufmerksam, dass auch dieser Werth für vegetabilisches Eiweiss eher noch zu hoch als zu niedrig bemessen ist, wegen der oft beträchtlichen Beimischung von Amidosubstanzen und namentlich auch aus dem Grunde, weil im Harn der Pflanzenfresser verhältnissmässig mehr als bei reiner Fleischnahrung organische Substanz mit relativ hohem Wärmewerth vorkommt. Andererseits ist nicht zu verkennen, dass an der Bildung der Hippursäure, auf welche sich diese Bemerkung besonders bezieht (mit 5642 cal. Verbrennungswärme), auch andere, als verdaute und resorbirte Eiweiss-Verbindungen betheiligt sind. Der unter dieser Voraussetzung durch Fütterungsversuche mit concentrirten Futtermitteln gefundene mechanische Nutzeffect ergab denselben Procentsatz wie Stärke.

Bringt man das Fett mit seinem Stärkeäquivalent 2,4 in Anrechnung und betrachtet man das resorbirte N-haltige und N-freie Material für die Krafterzeugung als gleichwerthig mit dem Stärkemehl, wobei der

---

*) In einem später ausgeführten, ähnlichen Versuch zeigte sich eine auffallend geringe Wirkung des Fettes für die Kraftproduction; eine Aufklärung über diese Eigenthümlichkeit hofft Wolff an der Hand weiterer Versuche geben zu können.

während der Verdauung verschwindende Antheil der Rohfaser ebenfalls als resorbirt veranschlagt wird, so ergiebt sich, dass in Folge der Vermehrung des resorbirten Quantums an Nährstoffen um 315 *g*, 100 Umgänge à 76 *kg* = 269 000 Kilogrammmeter Arbeit erzeugt werden. Abgerundet sind unter obigen Voraussetzungen 300 *g* Nährstoff = 260 000 Kilogrammmeter zu setzen.

I. Für schwere Zugpferde und Arbeitsochsen.

Als mittlere 8stündige Tagesarbeit eines Ackerpferdes von 500 *kg* Körpergewicht lassen sich 2 Millionen Kilogrammmeter, entsprechend 4720 Cal. annehmen. Soll die Arbeit ohne Verlust an Körpersubstanz geleistet werden, dann muss ausser dem Erhaltungsfutter im Betrage von 4,2 *kg* Nährstoff eine Zulage von 2,31 *kg* Nährstoff erfolgen, mithin müssten sich im Gesammtfutter des Pferdes bei mittlerer Arbeit mindestens 6,51 *kg* Nährstoffe vorfinden. Die Beigabe zum Erhaltungsfutter kann innerhalb gewisser Grenzen ausschliesslich aus Stärkemehl oder einer entsprechenden Menge von Fett oder auch, wie dies üblicher ist, aus irgend einem Futtermittel, in welchem ja die Nährstoffe gemischt vorkommen, bestehen. Das Nährstoffverhältniss pflegt in einem, nach Maassgabe obiger Anforderungen aus gutem Wiesenheu und Hafer nebst kleinen Mengen von Strohhäcksel hergestellten Arbeitsfutter ein Nährstoffverhältniss von 1 : 6,7 aufzuweisen. Für die Bemessung des Futterquantums wird man festzuhalten haben, dass die Berechnung der Arbeitszulage auf nicht ganz sicherem Grunde ruht, insofern nämlich, als die Möglichkeit nicht auszuschliessen ist, dass bei genauerer Controle der C-Ausscheidung des arbeitenden Thieres der mechanische Nutzeffect der Verbrennungswerthe der Nährstoffe sich doch vielleicht etwas niedriger als zu 50 pCt. ergiebt. Wolff suchte die von Rubner beim Fleischfresser im Respirationsapparat ausgeführte CO_2-Bestimmung durch Feststellung des Körpergewichts zu ersetzen, ein vorläufig ja ausreichender Nothbehelf, der indess Nachuntersuchungen nicht überflüssig macht. Auf alle Fälle erscheint es rathsam, über das Minimum der Nährstoffzulage hinauszugehen. Wolff selbst hält auf 500 *kg* Lebendgewicht 0,9 *kg* Eiweiss (1,8 *g* p. Kilo) und 6,8 N-freie Nährstoffe in einem Gesammtquantum organischer Substanz von 11 *kg* für zweckentsprechend. Hierunter befinden sich 0,3 *kg* Fett, vorzugsweise im Hafer, dessen Güte als Arbeitsfuttermittel bei dem hohen Wärmewerth des Fettes nunmehr recht hervortritt.

Dass bei starker Arbeit die Gesammtmenge der Nährstoffe zu erhöhen und vortheilhaft auch eine Verengung des Nährstoffverhältnisses auf 1 : 5,5 vorzunehmen sich empfiehlt, lehrt die Erfahrung. Schwere »kaltblütige« Arbeitspferde brauchen recht gut 9,1 *kg* Nährstoffe mit 1,4 *kg* (2,8 *g* p. Kilo) N-haltiger und 7,7 *kg* N-freier Nährsubstanz, zu deren Beschaffung concentrirte Futtermittel aller Art, besonders aber Bohnenschrot und entbitterte Lupinen mit herangezogen werden können.

Arbeits-Ochsen erfordern bei mittlerer resp. angestrengter Arbeit pro 500 *kg* Lebendgewicht etwa 0,8—1,2 *kg* N-haltiges Nährmaterial (pro Körperkilogramm 1,6—2,4 *g*) und an N-freiem Nährstoff 6—7,2 *g*, was einem Nährstoffverhältniss von 1 : 7,5 resp. 1 : 6 entspricht.

Einfluss der Nährstoffe des »Kraftfutters« auf die Leistungsfähigkeit.

Für alle bisher aufgestellten Fütterungsnormen gilt als stillschweigende Voraussetzung die bei dem Erhaltungsfutter näher präcisirte Bedingung, dass das Gesammtfutter wenigstens zur Hälfte des Gewichts aus Rauhfutter bestehe. Es giebt aber in der Praxis Beispiele zur Genüge, aus denen man deutlich ersehen kann, dass bei vorherrschend intensiver Fütterungsweise unter sonst gleichen Verhältnissen, namentlich bei ziemlich gleicher Arbeitsleistung und unverändertem Ernährungszustand eines Pferdes die Gesammtmenge von Nährstoff im täglichen Futter sich oft weit niedriger stellt, als wenn das letztere ein mehr voluminöses ist, insbesondere zum grösseren Theil aus Wiesenheu besteht. Man wird durch derartige Erfahrungen zu der Annahme gedrängt, dass der Nutzeffect der im Körnerfutter etc. enthaltenen Nährstoffquantität ein höherer sei, als der im Rauhfutter befindlichen. Folgender Versuch lieferte die Bestätigung. Ein Pferd von 471 *kg*, welches bei einem Futter von 3 *kg* Heu und 5,5 *kg* Hafer im mittleren, constant bleibenden Ernährungszustand eine Tagesarbeit von 350 Göpelumgängen mit 60 *kg* Zugkraft, entsprechend etwa 818 238 Kilogrammmeter, geleistet hatte, war im Stande, nach einer Zulage von 1,5 *kg* Hafer 700 Göpelumgänge mit 60 *kg* Zugkraft zu vollführen, eine Gesammtleistung von 1 608 201 Kilogrammmeter (incl. 395 966 Kilogrammmeter zur Fortbewegung des eigenen Körpergewichtes). Die in Folge der Erhöhung der Haferration um 1,5 *kg* mehr verdaute und resorbirte organische Substanz beläuft sich auf 128,06 *g* Rohprotein, 650,78 *g* N-freie Extractstoffe und 67,39 *g* Rohfett (Stärkeäquivalent des Fettes: $67{,}39 \cdot 2{,}4 = 161{,}74$), insgesammt 940,58 Nährstoff, wovon 67,5 *g* weniger ausgenutzte Rohfaser in Abzug zu bringen sind. 1,5 *kg* Hafer respräsentiren somit 873,08 *g* Nährstoff, 1 *kg* demnach 582 *g* nährende Substanz. Mit dem Quantum von 1,5 *kg* Hafer erzielte das Pferd eine Mehrleistung von 789 963 Kilogrammmeter. Hieraus ergiebt sich, dass 1 *kg* lufttrockener Hafer in diesem Falle eine Mehrleistung von 526 600 Kilogrammmeter ermöglicht. In ganz analoger Weise fand Wolff für 1 *kg* lufttrockenes Wiesenheu eine Mehrleistung von 218 547 Kilogrammmeter, d. h. nur 41,5 pCt. derjenigen Mehrleistung, welche als Arbeitsäquivalent des Hafers festgestellt worden war. Berücksichtigen wir gleichzeitig die in beiden Fällen verdauten Nährstoffmengen, so entfallen auf 100 *g* Hafernährstoff 90 480 (im Durchschnitt 85 400) Kilogrammmeter und auf Wiesenheu nur 61 900. Es ist hiermit bewiesen, dass der verdaulichen organischen Substanz in ihrer Gesammtheit, nach der bislang üblichen Methode als Nährstoff berechnet, im Rauhfutter ein wesentlich geringerer

Werth für die Arbeitsleistung des Pferdes zukommt, als derselben Substanz im Kraftfutter. Diese Erscheinung steht im Einklang mit den von Tappeiner, Weiske u. a. gewonnenen Resultaten, denn wenn die Cellulose im Darmtractus, soweit sie verdaut »verdaut« wird, in Gasform übergeht, kann von einem Beitrag derselben zur Kraftentwickelung der Musculatur nicht die Rede sein.

Wolff hält es daher für angemessen, die Berechnungsweise für die Nährstoffwirkung zu modificiren. Er schlägt vor, die »verdaute« Rohfaser oder Cellulose von der gesammten verdauten organischen Substanz abzuziehen und nur den alsdann verbleibenden Rest als eigentlichen Nährstoff, als allein bedeutungsvoll für die Leistungsfähigkeit des Pferdes, sowie auch für dessen Erhaltung auf einem bestimmten Ernährungszustande in Rechnung zu bringen. Die letzterwähnte Consequenz, die Anwendung des neuen Modus für die Berechnung des Erhaltungsfutters ergab sich auch aus der Betrachtung der von Grandeau und Leclerc im Auftrage einer Pariser Fuhrwerksgesellschaft (1882 und 1883) angestellten Fütterungsversuche mit einem wesentlich aus Körnermaterial bestehenden Gemisch (72 pCt. Kraftfutter, zusammengesetzt aus 34,3 pCt. Hafer, 7,3 pCt. Ackerbohnen, 25,4 pCt. Mais, 5 pCt. Maiskuchen und 28 pCt. Rauhfutter, zusammengesetzt aus 18,2 pCt. Wiesenheu und 9,8 pCt. Haferstroh). Die Pariser Resultate wurden nur dadurch mit den in Hohenheim hauptsächlich mit Rauhfutter ausgeführten Versuchen vergleichbar, dass bei letzteren der Rohfasergehalt ausser Ansatz blieb. Mit Einschluss der verdauten Rohfaser beträgt die zur Erhaltung von 500 *kg* Lebendgewicht des Pferdes in mittlerem Ernährungszustande erforderliche Nährstoffmenge bis 4200 *g*, während nach Abzug der Rohfaser 3300—3400, durchschnittlich etwa 3350 *g* übrig bleiben, ein Werth, welcher von dem in den Pariser Versuchen ermittelten (3626 *g*) wenig abweicht. Da über diese 3350 *g* Nährstoff im Erhaltungsfutter hinaus weitere 100 *g*, ebenfalls von rohfaserfreiem Nährstoff, die Leistungsfähigkeit des Pferdes um 85 400 Kilogrammmeter erhöhen, so lässt sich das Arbeitsäquivalent der Futtermittel direct aus deren Nährstoffgehalt feststellen. Wolff hat diese Rechnung für eine Anzahl derselben durchgeführt und zwar, um den Unterschied zwischen Rauh- und Kraftfutter besonders deutlich hervortreten zu lassen, sowohl mit Einschluss der verdauten Rohfaser als auch nach deren Abzug.

Je 1 *kg* nachbenannter lufttrockener Futtersubstanzen liefert

(Siehe Tabelle Seite 150.)

II. Für Wagen- und Reitpferde.

Zur Prüfung des Futterbedarfs solcher Pferde, welche sich in rascherem Tempo zu bewegen gezwungen sind, stellten Grandeau und Leclerc weitere Untersuchungen an. Hierzu dienten 3 Droschkenpferde von je 400—450 *kg* Lebendgewicht (Durchschnittsgewicht 425 *kg*) mit ziemlich rascher Gangart und etwas lebhaftem Temperament. Sie wurden in Einzelversuchen mit einander abwechselnd in fast völliger Ruhe

Futtermittel	Verdaute organische Substanz			Aequivalent an Arbeit	
	im Ganzen	Rohfaser	ohne Rohfaser	mit Rohfaser	ohne Rohfaser
	Gramm			Kilogrammmeter	
Mais	800	15	785	683 200	668 400
Leinsamen	740	—	740	631 960	631 960
Ackerbohnen	724	45	679	618 296	579 900
Gerste	707	41	666	603 778	568 800
Erbsen	667	5	662	569 618	565 400
Leinkuchen	634	—	634	541 436	541 436
Hafer	602	20	582	514 108	497 000
Lupinen	634	87	547	541 436	467 100
Luzerneheu	462	110	352	394 548	300 600
Wiesenheu*)	406	114	292	346 724	249 400
Kleeheu	411	120	291	350 994	248 500
Kartoffeln	215	—	215	183 610	183 600
Winterhalmstroh	157	76	81	134 078	69 200
Möhren	60	—	60	51 240	51 240

gehalten, resp. hatten sie am Göpel eine bestimmte Last zu ziehen oder sie waren hinten an der Stange des Göpels lose angebunden, in welchem Falle nur der eigene Körper und zwar um dieselbe Strecke wie im Zuge zurückgelegt wurde. An den arbeitslosen Tagen (Ruheperiode) blieb das jeweilige Versuchspferd grösstentheils im Stall; seiner Gesundheit wegen wurde es nur 1 Stunde in ruhigem, gleichmässigen Schritt umhergeführt, wobei die Weglänge im Ganzen etwa 4 *km* betrug. Am Göpel legte das betreffende Pferd täglich einen Weg von 18—21 *km* zurück, einerlei ob es zum Ziehen angespannt (Arbeitsperiode) oder hinter einem anderen ziehenden Pferd angebunden war (Fortbewegungsperiode). Zur Zurücklegung der Wegstrecke am Göpel gebrauchte das Pferd in beiden Fällen bei Arbeit und Fortbewegung im Schritt 4 Stunden, im Trab dagegen nur 2 Stunden Zeit Die Arbeit am Göpel ist eine sehr mässige zu nennen, da die Zugkraft, entsprechend derjenigen, welche ein Pferd beim Ziehen einer leichten Droschke auf ebener Strasse aufzuwenden hat, 20–21 *kg* selten überstieg. Die hierbei geleistete Arbeit (Zugkraft mal Wegstrecke, cf. S. 103) variirte zwischen 400—435 000 Kilogrammmeter; dazu kommt noch die Kraftmenge, welche zur Fortbewegung des Thieres selbst erforderlich war. Zur Berechnung dieser Grösse wird von Wolff, welcher die Pariser Fütterungsversuche zum Gegenstand ausführlicher Betrachtungen macht, die aus dem Gesetz

*) Etwas mehr als mittlere Qualität.

von der Erhaltung der Energie (cf. S. 159) abgeleitete Formel $\frac{m}{2} \cdot v^2 = A$ benutzt, worin A die Arbeit (in Kilogrammmetern), m die Masse des bewegten Körpers und v dessen Geschwindigkeit bedeutet. Die Masse eines Pferdes aus dem absoluten Durchschnittsgewicht von 425 *kg* berechnet $\left(m = \frac{P}{g} = \frac{425}{9{,}81}\right)$ ergiebt sich zu 43,3. Die Geschwindigkeit pro Secunde betrug im Schritt durchschnittlich 1,343, im Trabe 2,845 *m*. Unter Anwendung obiger Formel würde sich der zur Fortbewegung des eigenen Körpergewichts im Trabe nothwendige Arbeitsaufwand pro Secunde auf $\frac{43{,}2}{2} \cdot (2{,}845)^2 = 21{,}65 \cdot 8{,}1 = 173{,}5$ Kilogrammmeter, d. h. während zweier Stunden (= 7200 Sec.) auf 1 250 000 Kilogrammmeter belaufen. Hierzu kommt die Arbeit am Göpel mit durchschnittlich 424 000 Kilogrammmeter; gesammter Arbeitsbetrag demnach 1 674 000 Kilogrammmeter. Da 85 400 Kilogrammmeter mit 100 *g* Nährstoff äquivalent sind, repräsentirt die Gesammtleistung einen Aufwand von 1950 *g* Nährstoff. Effectiv verbrauchte ein Pferd pro Tag 4800 *g* Nährstoff (Tagesration der erwähnten Futtermischung 8500 *g*), so dass als Erhaltungsfutter 2850 *g* übrig bleiben. Zieht man die zu 288 *g* verdaute Holzfaser entsprechend der modificirten Berechnung ab, dann resultirt als Erhaltungsfutter für 425 *kg* Pferd 2562 *g* und für 500 *kg* Körpergewicht 2940 *g* Nährstoff, ein Quantum, das in Anbetracht des Mittelwerthes für Erhaltungsfutter (3350 *g*) zu gering erscheint. Die Nichtübereinstimmung kann nur bedingt sein durch die Benutzung der zur Berechnung für die Fortbewegung der Körperlast angewendeten Formel auf den Trab, bei welcher Gangart jedenfalls auf das Trägheitsmoment der bewegten Masse Rücksicht genommen werden müsste. Die Vernachlässigung dieses Factors fällt bei der geringen Geschwindigkeit im Schritt nicht erheblich ins Gewicht, führt aber bei schnelleren Gangarten auf zu hohe Arbeitswerthe. Wolff kommt durch ganz ähnliche Folgerungen zu dem Schluss, dass mit der Geschwindigkeit in der Fortbewegung des Pferdes keineswegs im gleichen Verhältniss auch der erforderliche Kraftaufwand zunimmt, sondern in einem geringeren Grade. Zweifellos ist die Anstrengung aber grösser als zur Fortschiebung des Körpers im Schritt (mit der halben Trab-Geschwindigkeit) sich als nothwendig herausstellt. Wäre nämlich derselbe Weg in 4 Stunden mit einer Geschwindigkeit von 1,425 *m* pro Secunde zurückgelegt worden, so würde die Berechnung für den dazu ausreichenden Kraftaufwand 631 000 Kilogrammmeter, d. h. die Hälfte der zuerst aus der beobachteten Geschwindigkeit ermittelten Arbeit ergeben. Dieser für die Arbeit im Trabe supponirte Werth führt auf eine zu hohe Ziffer für das pro 500 *kg* Körpergewicht nothwendige Erhaltungsfutter, nämlich auf 3860 *g* Nährstoff, woraus man entnehmen kann, dass die Arbeit zur Bewegung der Eigenlast unter der soeben gemachten Voraussetzung zu niedrig berechnet ist. Der zuerst erhaltene Nährstoffwerth 2940 und der zuletzt gefundene

3860 liefern die Mittelzahl 3420, welche der empirisch mit 3350 festgestellten fast genau entspricht. Wolff hält es daher für gerechtfertigt, auch für die in Rede stehende Arbeit einen Mittelwerth zu bilden, indem er annimmt, dass die Fortbewegung eines Pferdes mit doppelter Geschwindigkeit als im Schritt (in der Hälfte der Schrittzeit) nicht auch dem doppelten, sondern nur mit einem um die Hälfte höheren Kraftaufwande, also hier mit einem Betrage von 631 000 + 315 500 = 946 500 Kilogrammmeter erfolge. Es lässt sich dieses empirisch gefundene Verfahren auch zur Berechnung derjenigen Arbeit in sinngemässer Erweiterung anwenden, welche zur Bewegung der eigenen oder auch durch einen Reiter belasteten Körpermasse nothwendig wird.

Wie Rueff angiebt, kann ein ausgewachsenes, intensiv gefüttertes Pferd, ohne dass man eine Aenderung im Ernährungszustand zu befürchten hätte, eine mittlere Anstrengung von 8 Stunden p. d. aushalten. Ein 400 *kg* schweres Pferd trägt z. B. 80 *kg* mit 1,25 *m* Geschwindigkeit pro Secunde 8 Stunden hindurch ohne Nachtheil, wobei dasselbe einen Weg von 36 *km* zurücklegt. Die mittlere Arbeitsdauer lässt sich steigern; es muss aber dementsprechend die Last vermindert werden, oder wenn andererseits die Arbeitsvermehrung vielleicht um $^1/_4$ der Last resp. um $^1/_4$ der Schnelligkeit geschieht, so ist die Arbeitsdauer um $^1/_4$ zu kürzen. Steigert man durch gleichzeitige Vermehrung von Belastung und Geschwindigkeit den Arbeitseffect, ohne Compensation durch Verminderung der Arbeitszeit, dann entsteht Abnutzung.

Ein Reitpferd von 425 *kg* Lebendgewicht, mit Sattel und Reiter belastet, 525 *kg* schwer, wird bei einem täglichen Wege von 33 *km* eine den angegebenen Bedingungen genügende Leistung vollführen. Nimmt man an, dass die Fortbewegung des Thieres, einmal im Schritt mit 1,25 *m*, weiterhin aber mit 2,5 resp. 6,25 *m* pro Secunde vor sich gehe, so findet man den hierzu nothwendigen Kraftaufwand, nach der uncorrigirten Formel für A berechnet zu:

Gangart	Schnelligkeit pro Secunde	Zeitdauer	Kraftaufwand pro Secunde	Kraftaufwand im Ganzen	Nährstoffäquivalent
	m	Sec.	Kilogrammmeter	Kilogrammmeter	*g*
Schritt	1,25	26 400	41 828	1 104 259	1293
Mitteltrab	2,50	13 200	167 310	2 208 490	2586
Jagdgalop	6,25	5 280	1 018 920	5 379 998	6300

Die Nährstoffmenge, welche die zur Bewältigung derselben Wegeslänge nothwendige Muskelthätigkeit ermöglicht, würde im letzteren Falle das 5fache der im Schritt erforderlichen betragen, abgesehen von dem als Erhaltungsfutter anzurechnenden Nährstoffbedarf von 2 848 *g* (für

425 *kg* Thier). Aus diesen unmöglich zutreffenden Zahlen findet man nach einer von Wolff angegebenen Regel die wahrscheinlichen Werthe, wenn man die Differenz im Kraftaufwand zwischen Fortbewegung im Schritt und im Trab nur 1/2 so gross, und ferner bei Fortbewegung im Schritt und im Jagdgalop nur 1/4 so gross annimmt als die uncorrigirte Rechnung ergiebt und diese Werthe zu der als Kraftaufwand im Schritt ermittelten Zahl hinzu addirt. Für den Mitteltrab auf einer Wegstrecke von 33 *km* erhält man auf diese Weise als annähernde Arbeitsleistung 1 104 259 + 552 130 = 1 656 389 Kilogrammmeter (entsprechend 1940 *g* Nährstoff) und für den Galop 1 104 259 + 1 068 913 = 2 173 172 Kilogrammmeter (entsprechend 2545 *g* Nährstoff). Um ein 425 *kg* schweres Pferd ca. 1 1/2 Stunde im Jagdgalop ununterbrochen auf ebenem Terrain zu reiten, ohne dass der Ernährungszustand beeinflusst wird, müssten demzufolge 5393 *g* Nährstoffe aufgewendet werden.

Derartig andauernde Bewegungen kommen wohl nur ausnahmsweise vor, gewöhnlich wechselt man mit der Gangart ab. Wird nun je 1/3 des ganzen Weges im Schritt, Trab und Galop zurückgelegt, so würden die corrigirten Werthe lauten:

Gangart	Zeitdauer	Kraftaufwand	Nährstoffäquivalent	Nährstoff für Erhaltung	Nährstoff im Ganzen
	Sec.	*kgm*	*g*	*g*	*g*
Schritt	8 800	368 086	431	2848	4774
Trab	4 400	552 130	647		
Galop	1 760	724 391	845		
Sa.	14 960	1 644 607	1926		

Man spart auf diese Weise, ausschliesslicher Schrittbewegung gegenüber, 3 Stunden 11 Minuten, wofür ein Plus von 633 *g* Nährstoff zur Erzielung der grösseren Durchschnittsgeschwindigkeit aufzuwenden ist. Zur Deckung des Gesammtnährstoffbedarfs bei wechselnder Geschwindigkeit würden 6 *kg* Hafer und 4 *kg* Heu erforderlich sein, bei Schrittbewegung 5 *kg* bei gleicher Heumenge.

Die Tagesleistungen der Militärpferde sind während des Manövers ungleich grössere; die zurückgelegten Wegstrecken erreichen mitunter das doppelte der Kilometerzahl, welche in vorstehendem Beispiel angenommen wurde, d. h. 66 *km*. Rechnen wir wiederum je 1/3 der Gesammtstrecke auf Schritt, Trab, Galop, so beträgt der Totalkraftaufwand 3 289 200 Kilogrammmeter (Nährstoffäquivalent 3852 *g*, mit Einschluss des Erhaltungsfutters 6700 *g*). In der deutschen Armee besteht das Tagesfutter in der Garnison je nach dem Rationssatz aus:

5250 *g* Hafer	2500 *g* Heu	3500 *g* Stroh	(schwere Ration),
4900 » »	2500 » »	3500 » »	(mittlere Ration),
4500 » »	2500 » »	3500 » »	(leichte Ration),
5000 » »	2500 » »	3500 » »	(Ration für leichte Garde-Kavallerie).

Berechnet man aus dem Mittel sämmtlicher Tagesrationen, unter der Annahme, dass die Hälfte des Strohes verzehrt wird, den rohfaserfreien Nährstoffgehalt, so resultirt eine Gesammtnährstoffmenge von 3278 *g* (2860 + 285 + 133). Nach Abzug des Erhaltungsfutters für ein Durchschnittsgewicht von 425 *kg* verbleiben 430 *g* Nährstoff, welche nur für einen Arbeitsaufwand im Betrage von 367 000 Kilogrammmeter ausreichen.

Auch die sogenannten Marschrationen ermöglichen, immer unter Voraussetzung, dass der Ernährungszustand ein unverändert guter bleibe, keine erheblich grösseren Leistungen. Der Rationssatz beträgt:

5750 *g* Hafer
5400 » »
5000 » »
5500 » »
incl. 1500 *g* Heu und 1750 *g* Stroh.

Rohfaserfreier Nährstoffgehalt für das Mittel von 5412 *g* Hafer etc.: 3449 *g*, sonach 601 *g* zur Kraftentwickelung disponibel, entsprechend 512 500 Kilogrammmeter Arbeit, ca. $^1/_6$ desjenigen Betrages, welcher als maximale Manöverleistung anzunehmen wäre. Bei anhaltend anstrengendem Dienst fällt die entstehende Abnutzung in dem veränderten Habitus des Pferdes sofort auf. Als weiteres, nachtheilig einwirkendes Moment kommt noch hinzu, dass bei beschleunigten Gangarten die Verdauung und Resorption der Futterstoffe in der bisher angenommenen Höhe nicht besteht. Wolff ermittelte eine Verminderung der gesammten resorbirten Nährstoffquote für die Fortbewegungsperiode im Trab um durchschnittlich 3 pCt., für die Arbeitsperiode in gleicher Gangart um 5—6 pCt., wobei für einzelne Futterbestandtheile, Rohprotein und Cellulose die Verhältnisse sich noch ungünstiger gestalten. Selbstredend beanspruchen die in den gepflogenen Erörterungen vorkommenden ziffermässigen Angaben keine grosse Genauigkeit, die Grundlage für weitere Untersuchungen ist aber hiermit gegeben und behalten deshalb die bisherigen Versuchsergebnisse einen bleibenden Werth.

Des Vergleichs halber seien schliesslich die für den Menschen von Voit ermittelten Durchschnittszahlen über den Nahrungsbedarf unter verschiedenen Verhältnissen mitgetheilt:

	Eiweiss	Fett	Kohlehydrat
	Gramm		
Kräftiger Arbeiter von 70 *kg*	118	56	500
Mässig beschäftigter Wohlhabender . .	127	89	362
Nicht arbeitender Gefangener	87	22	305

D. Milchfutter.

Alle bisher gemachten Beobachtungen weisen darauf hin, dass die Fütterungsweise der milchproducirenden Thiere wesentlich für die Güte der Milch und deren Menge massgebend ist. Nicht sowohl die Quantität des Futters muss nothwendig eine Steigerung erfahren, es bedarf auch einer relativen Vermehrung des Eiweiss, um einen möglichst ergiebigen Ertrag einer gehaltreichen Milch zu Wege zu bringen. Voit erklärt diese günstige Einwirkung des Nahrungseiweiss mit der Verwendung desselben zum Aufbau von organisirten Drüsenbestandtheilen. Bei einer gegebenen Drüse währt es deshalb einige Zeit, bis die Steigerung der Zufuhr eine Vermehrung des Secrets hervorbringt und noch länger, bis ein durch kümmerliche Ernährung klein gewordenes Organ wieder aufgebaut ist und wie vorher reichlich Milch liefert. Bei kräftiger Entwickelung des Euters bietet eine reichliche Eiweisszufuhr insofern Vortheile, als das zugeführte N-haltige Material durch die secernirende Drüse in Beschlag genommen und weggeführt wird und nicht dazu dient, den Eiweissbestand im Körper dauernd zu vermehren. Bei einem zu grossen Eiweissüberschuss in der Nahrung nimmt der Fettgehalt der Milch ab, höchst wahrscheinlich aus ähnlichen Gründen, wie das Körperfett bei der Bantingkur. Fett und Kohlehydrate, namentlich, ersteres üben auf die Milchsecretion nur bei genügend ausgebildetem Drüsenparenchym einen wahrnehmbaren Einfluss aus; ist die Drüse bei ungenügender Nährstoffzufuhr wegen Mangel an Ersatzmaterial atrophirt, dann verfehlen auch die grössten Quantitäten von Fett oder Kohlehydraten ihre Einwirkung auf die Milchproduction.

Ein zur Milchproduction ausreichendes Futter muss absolut mehr Nährstoffe enthalten, als in der Milch zur Ausscheidung gelangen und zwar in einem relativ engen Nährstoffverhältniss. Nach Wolff liefern 500 *kg* Lebendgewicht einer guten Milchkuh ein Quantum von 13,8 *kg* Milch mit 0,35 *kg* Eiweiss, 0,5 *kg* Fett und 0,65 Milchzucker, zu deren Production im Futter 11—14 *kg* Trockensubstanz mit 1,25 resorbirbarem N-haltigen Material und 6,75 *kg* N-freien Substanzen incl. 0,2 *kg* Fett enthalten sein müssen (Nährstoffverhältniss 1 : 5,4). Die Ausscheidungen vertheilen sich, wie Voit bei einer Milchkuh ermittelte, derart, dass von dem N der Nahrung 40 pCt. mit dem Koth, 39 pCt. mit dem Harn und 20 pCt. mit der Milch den Organismus verlassen. Vom C der

Nahrung werden 34 pCt. durch die Fäces, 4 pCt. durch den Harn, 49 pCt. durch Haut und Lungen und 10 pCt. durch die Milch entfernt.

Die Ziege braucht, nach Stohmann's Versuchen auf 500 *kg* Körpergewicht berechnet, im täglichen Futter für die relativ höchste Milchproduction doppelt so viel Eiweiss (3,1—3,4 *kg* Rohprotein) als die Kuh Ausserdem scheint auch die Grenze, bis zu welcher das Nahrungsfett bei N-reichem Futter und gut entwickelter Drüse zur Secretion von Milch direct beiträgt, bei Ziegen etwas weiter gesteckt zu sein. Aehnliches gilt auch von Schafen.

Auf guter Weide sind die Thiere in der Lage, so viel Futter aufzunehmen, als zur Unterhaltung einer ergiebigen Milchsecretion nothwendig ist. Bei Fütterung mit Wiesenheu giebt man, um die höchstmögliche Milchproduction zu erreichen, etwas N-reiches und leicht verdauliches Nährmaterial nebenbei. In der Praxis schreibt man fast jedem Futtermittel einen besonderen Einfluss auf die Qualität der Milch und besonders auch der Butter zu. Einzelheiten sind in dieser Hinsicht bei den Abschnitten »Milch« und »Futtermittel« angedeutet. Man wird jedoch vor allen Dingen auf die Futtermischung Rücksicht zu nehmen haben. In Wirthschaften z. B., welche über Heu von vorzüglicher Beschaffenheit disponiren, wird ein der Feinheit der Butter gefährliches Futtermittel (Fleischmehl, Rapskuchen etc.) ohne Nachtheil in einer Menge verabreicht werden können, welche dort, wo nur mangelhaftes Heu oder Stroh zur Verfügung steht, sicher nicht ohne schädigende Einwirkung zu bleiben pflegt. Mit einem Futtermittel, welches von dem einen ungünstig beurtheilt wird, kann ein Anderer unter veränderten Nebenumständen recht gute Erfahrungen machen.

Für die Beigabe von anorganischen Substanzen wird man, abgesehen von einer mässigen Kochsalzbeigabe zur Compensation des Kaligehalts des Futters, nur dann Sorge zu tragen haben, wenn das Futter fast ausschliesslich aus Stroh und Wurzelgewächsen resp. Branntweinschlämpe und Rübenpresslingen besteht. Hauptsächlich handelt es sich um Ergänzung des Kalkgehalts, welche am besten durch Zusatz von Schlemmkreide oder auch Kalkphosphat geleistet wird.

E. Nahrung für Jungvieh.

In den ersten Tagen nach der Geburt darf die Muttermilch den neugeborenen Thieren nicht entzogen werden, da einmal das Nährstoffverhältniss des Colostrum ein engeres ist als bei gewöhnlicher Milch und die leicht abführende Wirkung nur durch Colostrum erzielt wird. Nachdem die Beschaffenheit der Colostralmilch verschwunden ist, was bei Rindern nach ca. 8 Tagen der Fall zu sein pflegt, erscheint es gleichgiltig, ob das Kalb die Milch der Mutter erhält oder mit Mischmilch getränkt (gebörnt) wird. In Wien, an der Versuchsstation des Thierarzneiinstituts mit Saugkälbern unter Benutzung des Respirationsapparates ausgeführte Fütterungsversuche haben ergeben, dass in den ersten 2—3 Wochen bei einem mittleren Gewicht von 50 *kg* (44—68 *kg*) die tägliche Zufuhr von

8093 *g* Milch mit 965 *g* Trockensubstanz, enthaltend 245 *g* Eiweiss, 237 *g* Fett, 422 *g* Milchzucker, 62 *g* Asche (worunter 14,5 Kalk und 18,8 Phosphorsäure) eine Zunahme um je 925 *g* bewirkte. Der Milchzucker wurde vollständig, Eiweiss, Fett und Aschebestandtheile nahezu vollständig (zu 94,4 bezw. 99,8 und 97,4 pCt.) resorbirt. Von dem aufgenommenen Material berechnen sich als angesetzt 566 *g* Wasser (8 pCt. der Einnahme), 168.0 *g* Eiweiss (68,4 pCt.), 158 *g* Fett (66,6 pCt.) und 33 *g* Asche (53,2 pCt.), von dieser der Kalk mit 97 pCt., die Phosphorsäure mit 73 pCt. Um 1 *kg* Zunahme an Lebendgewicht herbeizuführen, waren somit 8,75 *kg* Milch mit 1,04 *kg* Trockensubstanz erforderlich. Nach Wolff erzielt man durchschnittlich in den ersten 4—6 Lebenswochen des Kalbes mit ca. 10 *kg* süsser Milch, enthaltend 1,25 *kg* Trockensubstanz, 1 *kg* Lebendgewichtzunahme, anfangs mit einer etwas geringeren, später mit einer grösseren Quantität. Der Uebergang zu anderer Nahrung soll allmälig erfolgen, unter Verwendung schmackhaften Futtermaterials, Leinsamen, Palm- und Cocosnusskuchen, Cerealien etc. nebst gutem Heu, event. Grünfutter. Bei Stallfütterung hat man im Anfang der Entwöhnung auf Beibehaltung eines engen Nährstoffverhältnisses zu achten, welches nach der völligen Entwöhnung von der 8.—9. Lebenswoche ab nach und nach erweitert werden kann. Alles Weitere machen die für wachsende Rinder pro 500 *kg* Lebendgewicht und p. d. geltenden, von Wolff aufgestellten Fütterungsnormen ersichtlich:

Alter Monat	Mittleres Gewicht *kg*	Organische Trockensubstanz *kg*	Rersorbirbares Material in Kilogramm			Nährstoffverhältniss
			N-haltiges	N-freies	Fett	
2.— 3.	75	11,0	2,00	6,90	1,00	1 : 4,7
3 — 6.	150	11,7	1,60	6,75	0,50	1 : 5,0
6.—12.	250	12,0	1,25	6,75	0,30	1 : 6,0
12.—18.	350	12,0	1,00	6,50	0,20	1 : 7,0
18.—24.	425	12,0	0,80	6,00	0,15	1 : 8,0

Das Füllen nährt sich gewöhnlich in den ersten 4 Wochen ausschliesslich von Muttermilch, fängt dann aber an, bei der Fütterung der Mutter einige Heuhalme und Haferkörner aufzunehmen. Als Ersatz für etwa fehlende Muttermilch kann unbedenklich auch Kuhmilch verwendet werden. Zur Gewöhnung an die festen Futtermittel giebt man zweckmässig Hafer mit Zusatz von etwas gekochten Leinsamen. Die Füllen nehmen diese Mischung gern auf und sie bleiben, wenn dieser Fütterungsmodus nach dem Absetzen (im Alter von 3—5 Monaten) beibehalten wird, in besserem Ernährungszustand als bei reinem Hafer. In der Bemessung der Nährstoffquantitäten wird man sich wohl im Allgemeinen nach den für Kälber giltigen Normen richten dürfen.

Lämmer entwickeln sich am besten auf einer guten Weide; im Stall muss ihnen das zarteste und schmackhafteste Wiesenheu gereicht werden, weil sie sonst zu wenig aufnehmen und im Wachsthum zurückbleiben, was durch event. Beifütterung von Körnern, besonders von Hafer verhütet wird.

Ferkel füttert man zumeist nach dem Abspänen so reichlich, dass sie von vornherein sich in einem gemästeten Zustande befinden.

Mehr noch als beim erwachsenen Thier ist bei Jungvieh auf eine ausreichende Menge von Aschebestandtheilen im Futter zu achten. Ein normal ernährtes Kalb speichert z. B. im ersten Jahr täglich im Durchschnitt 18,0 *g* Phosphorsäure und 20 *g* Kalk im Körper auf. Die im Futterbedarf zu verabfolgende Quantität an beiden Mineralbestandtheilen berechnet man zweckmässig auf das dreifache der angegebenen Menge. Mangelt es daran, so bleiben die Thiere, trotz sonst ausreichender Nährstoffzufuhr, im Wachsthum zurück.

Kreislauf des Stoffes und der Kraft.

Alle über die Stoffwechselprocesse gesammelten Erfahrungen lassen sich in folgenden kurzen, von Du Bois-Reymond formulirten Sätzen, in denen gleichzeitig die Wirkung des Stoffwechsels angedeutet ist, zusammenfassen:

A. Rückschreitende Metamorphose.

Das Thier, ein automatischer Oxydationsapparat, von der Scholle gelöst, mit inneren Wurzeln, entnimmt der Pflanze organische Verbindungen und giebt sie Luft und Boden in anorganischer Form zurück.

Es nimmt auf:

Eiweisskörper, Kohlehydrate, Fette und Sauerstoff und setzt chemische Spannkraft um in lebendige Kraft als Wärme, Elektricität und Muskelverkürzung, indem es zerfällt zu

CO_2, H_2O und NH_3.

B. Vorschreitende Metamorphose.

Die Pflanze, ein bewegungsloser, an der Scholle haftender Reductionsapparat mit äusseren Wurzeln, entnimmt der Luft und dem Boden unorganische Verbindungen und giebt sie dem Thier in organischer Form zurück.

Sie nimmt auf:

CO_2, H_2O und NH_3, und indem sie die lebendige Kraft des Sonnenlichtes in chemische Spannkraft umsetzt, erzeugt sie

Eiweisskörper, Kohlehydrate, Fette und Sauerstoff.

Wir ersehen hieraus, dass die Elemente in verschiedener Verbindung mit einander immer wieder erscheinen; es gilt das von Lavoisier

(1789) erwiesene Gesetz von der Unzerstörbarkeit der vorhandenen Materie auch für die organische Welt. Dieses auch wohl als das

Gesetz von der Erhaltung der Materie

bezeichnete Axiom kann in folgender Weise ausgesprochen werden:

Das Gewicht der bei einer Verbindung oder Zersetzung erhaltenen neuen chemischen Verbindungen ist stets gleich der Summe der Gewichte der sich bei diesen Vorgängen betheiligenden ursprünglichen Verbindungen.

Dem Standpunkt unserer bis heutigen Tags gemachten, durch unsere Sinne vermittelten Wahrnehmungen entsprechend, sind wir zu der Annahme gezwungen, dass die Materie gleichzeitig auch Trägerin der in den Naturerscheinungen sich äussernden »Kräfte« ist. Kraft und Stoff sind empirische Begriffe, d. h. Bezeichnungen für Wahrnehmungen im durchgängigen Zusammenhang der Erscheinungen, an welche sich eine Vorstellung knüpft. Mit dem Begriff der Kraft ist untrennbar die Vorstellung der Bewegung verbunden, und man identificirt geradezu Kraft mit (der unbekannten) Bewegungsursache. Wir können deshalb auch sagen: die Bewegungsursache ist dem Stoff immanent, und je nach dem sinnlich wahrnehmbaren Effect sprechen wir von anziehenden und abstossenden Kräften, die als »Massenkräfte« oder »Molecularkräfte« je nach der Grösse der bewegten Materie sich geltend machen. Für die Kräfte gilt nun ein ganz ähnliches Gesetz wie für die Materie, nämlich das

Gesetz von der Erhaltung der Energie.

Der erste, welcher den hier in Frage kommenden Grundgedanken richtig erfasste und aussprach, war ein deutscher Arzt Jul. Rob. Mayer in Heilbronn im Jahre 1842. Nach ihm sind Kräfte Ursachen, mithin finde auf dieselben der Grundsatz volle Anwendung: Causa aequat effectum. In einer Kette von Ursachen und Wirkungen könne nie ein Glied oder ein Theil eines Gliedes zu Null werden. Diese erste Eigenschaft aller Ursachen nennt er ihre Unzerstörlichkeit. In einer 1845 erschienenen Abhandlung kleidet er das Gesetz in die Worte: Bei allen physikalischen und chemischen Vorgängen bleibt die gegebene Kraft eine constante Grösse. Das Verdienst R. Mayer's um Aufstellung des Princips von der Erhaltung der Energie ist vielfach bestritten worden, so namentlich von dem englischen Physiker Tait. Letzterem gegenüber darf wohl Helmholtz als ein classischer Zeuge für die Priorität Mayer's angeführt werden, da er dieselbe rückhaltlos anerkennt, obwohl er selbst denselben Gegenstand unabhängig von Mayer in einer 1847 publicirten Schrift behandelte. Durch Mayer's Darstellung war nur ein Erfahrungssatz gewonnen, ohne dass vom Standpunkt der Mechanik der stringente Beweis für die Richtigkeit geliefert worden wäre. Helmholtz erbrachte denselben und gab dadurch dem Gesetz eine präcise Fassung.

Vor der Wiedergabe des Wortlauts ist es nothwendig, einige auch für das Verständniss der Wärmelehre nothwendige Begriffserklärungen vorauszuschicken. »Arbeit« definirt man als das Product aus der Kraft, welche einen Massenpunkt bewegt, mal dem Wege, durch welchen die Kraft hindurch wirkt, mal dem Cosinus des Winkels zwischen beiden Grössen oder kurz als Product aus Weg mal Richtungs-Componente der Kraft. Der Name Arbeit wird in diesem Sinne zuerst von Coriolis und Poncelet gebraucht und als Maass mechanischer Leistung benutzt. Beschreibt der die Arbeit verrichtende Massenpunkt auf seinem Wege eine Curve, welche stetig ist, und einer bestimmten einschränkenden Voraussetzung genügt*), so kann die auf einer begrenzten Wegstrecke geleistete Arbeit ausgedrückt werden durch die Differenz des Anfangspunkts und Endpunkts dieser Strecke oder mit anderen Worten: die mögliche zu leistende Arbeit zwischen zwei Punkten, welche ein Körper auf seinem Wege berührt, hängt alsdann nur von der gegenseitigen directen Entfernung dieser Punkte ab. Diese mögliche Arbeit bezeichnet Rankine als potentielle Energie, Clausius, besonders mit Bezug auf die durch Wärme zu leistende mögliche Arbeit als Ergal. — Weiterhin lässt sich als Maass für eine Kraft die Beschleunigung ansehen, welche dieselbe einem Massenpunkt ertheilt. Die einzelnen Kraftcomponenten in den drei Richtungen des Raumes (in der X-Y-Z-Richtung), in welche sich die wirkende Kraft zerlegen lässt, kann man für einen frei beweglichen Punkt von der Masse m ausdrücken durch die Gleichungen $X = m \frac{d^2x}{dt^2}$; $Y = m \frac{d^2y}{dt^2}$; $Z = m \frac{d^2z}{dt^2}$. Indem wir diese Ausdrücke der Reihe nach auf beiden Seiten mit $\frac{dx}{dt}\,dt$, $\frac{dy}{dt}\,dt$ und $\frac{dz}{dt}\,dt$ multipliciren und dann addiren, erhalten wir:

---

*) Versteht man unter P ein Kraft, unter ds ein unendlich kleines Stück (Differential) des Weges und unter φ den Winkel zwischen Weg- und Kraftrichtung, so ist nach der gegebenen Definition die Arbeit $A = P\,ds \cos \varphi$. Nach Einführung eines rechtwinkligen Coordinatensystems kann man die Projectionen der in die Coordinatenrichtungen fallenden Componenten der Kraft P mit den Richtungscosinus α und β und die Projectionen des Wegelementes ds auf die Coordinatenrichtungen mit den Richtungscosinus α_1 und β_1 zur Berechnung der Arbeit benutzen, wodurch man gleichzeitig auf den mathematischen Ausdruck für den Begriff der potentiellen Energie geführt wird. Durch Multiplication von $X = P \cos \alpha$, $Y = P \cos \beta$ mit $dx = ds \cos \alpha_1$, $dy = ds \cos \beta_1$ und Addition der Theilproducte erhält man $X\,dx + Y\,dy = P\,ds\,(\cos \alpha \cdot \cos \alpha_1 + \cos \beta \cdot \cos \beta_1) = P\,ds \cos \varphi$, vorausgesetzt, dass der Scheitelpunkt von φ zum Nullpunkt des Coordinatensystems gemacht wird und der Weg eine ebene Curve darstellt. Da die Wegstrecke unendlich klein ist, kann man die geleistete Arbeit auch als unendlich klein ansehen und $P\,ds \cos \varphi = d\,W$ setzen, worin W mit Rücksicht auf die mechanische Wärmetheorie die speciell durch Wärme geleistete Arbeit bedeutet; daher $d\,W = X\,dx + Y\,dy$. Die auf einem grösseren Wegstück geleistete Arbeit wird durch Integration erhalten: $W = \int (X\,dx + Y\,dy)$. Der Ausdruck unter dem Integralzeichen lässt sich nur dann ohne Weiteres integriren, wenn er ein vollständiges Differential hat. Dies ist aber der Fall, wenn $\frac{d\,X}{dy} = \frac{d\,Y}{dx}$. Unter dieser Voraussetzung erhält man einen geschlossenen analytischen Ausdruck, welcher nach der Integration in der Form erscheint: $W = F\,(xy) - F_1\,(xy)$. Die in der obigen Gleichung rechtsseitig unter dem Integralzeichen stehende Function, welche die Arbeit W ausdrückt, hat man mit dem besonderen Namen potentielle Energie belegt. Für eine Raumkurve hat man die Gleichung $W = \int (X\,dx + Y\,dy + Z\,dz)$.

$$\left(X \frac{dx}{dt} + Y \frac{dy}{dt} + Z \frac{dz}{dt}\right) dt = m \left(\frac{dx}{dt} \cdot \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{dy}{dt} \cdot \frac{d^2y}{dt^2} + \frac{dz}{dt} \cdot \frac{d^2z}{dt^2}\right) dt$$

Die rechte Seite dieser Gleichung ist transformirbar in $\frac{m}{2} \frac{d}{dt} \left[\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2\right] dt$; in dieser Form stellen die Differentialquotienten $\frac{dx}{dt}$, $\frac{dy}{dt}$, $\frac{dz}{dt}$ die Geschwindigkeitscomponenten dar, deren Quadrate sich durch die Resultirende v^2 ersetzen lassen, weshalb man auch schreiben kann $\frac{m}{2} \frac{d}{dt} [v^2]$ dt. Durch einige weitere Rechnungsoperationen kommt man auf die Gleichung

$$(X\,dx + Y\,dy + Z\,dz) = d\left(\frac{m\,v^2}{2}\right)$$

In dieser Gleichung liegt das Gesetz von der Erhaltung der Kraft ausgesprochen. Der rechtsseitige Ausdruck $\frac{m\,v^2}{2}$, das halbe Product aus der Masse und dem Quadrat der Geschwindigkeit eines bewegten Massenpunktes wird schon seit Leibnitz als vis viva, lebendige Kraft (kinetische oder actuelle Energie) definirt. Energie ist gleichbedeutend mit Ursache für geleistete Arbeit; es dürfte daher auch der Begriff »potentielle Energie« genauer durch »Ursache für mögliche Arbeit« erklärt werden. Die angeführte Gleichung besagt, dass potentielle Energie äquivalent ist mit kinetischer Energie. Wie die Materie, kann auch die Energie verschiedene Formen annehmen, bleibt aber quantitativ immer dieselbe. Für ein System materieller Punkte geht die Gleichung über in

$$\Sigma(X\,dx + Y\,dy + Z\,dz) = d\,\Sigma\left(\frac{m\,v^2}{2}\right) = d\,T$$

worin T die kinetische Energie der Summe aller Massentheilchen des Körpers bedeuten soll. Dauert die Bewegung von dem Zeitmoment t_1 bis t, dann erhält man durch Integration

$$\int_{t_1}^{t} \Sigma(X\,dx + Y\,dy + Z\,dz) = T - T_1.$$

Da die Grösse der potentiellen Energie einer bestimmten (positiven oder negativen) Arbeit äquivalent ist, die durch Abnahme d. h. Verlust potentieller Energie geleistete Arbeit aber allgemein als positive bezeichnet wird, so müssen wir den Ausdruck unter dem Integralzeichen, da derselbe mit positiven Vorzeichen sonst einen Gewinn an potentieller Energie d. h. negativer Arbeit andeuten würde, mit negativen Vorzeichen versehen und können den Ausdruck durch ein vereinfachtes Symbol $-dJ$ ersetzen; wir erhalten unter der Annahme, dass das $-dJ$ ein vollständiges Differential besitzt $-(J - J_1) = J_1 - J = T - T_1$ oder $T + J = T_1 + J_1$, welche Relationen Helmholtz in die Worte kleidet:

»In allen Fällen der Bewegung freier, materieller Punkte unter dem Einflusse ihrer anziehenden und abstossenden Kräfte, deren Intensitäten nur von der Entfernung abhängig sind, ist der Verlust an potentieller Energie gleich dem Gewinn an actueller Energie (resp. dem Gewinn an positiver Arbeit) und der Gewinn der ersteren gleich dem Verlust der letzteren. Es ist also stets die Summe der vorhandenen actuellen und potentiellen Energie constant.«

Ein durch Muskelkraft vom Erdboden gehobenes Gewicht besitzt

eine, dem Abstand zwischen Erdboden und Endpunkt der Bewegung, also der Hubhöhe proportionale potentielle Energie. Lässt man das Gewicht fallen, so wandelt sich die potentielle Energie entsprechend der Abnahme der Höhendifferenz in zunehmende kinetische Energie um, welche am Ende des Falles eine bestimmte Grösse erreicht hat, gleichviel, ob der Körper frei gefallen oder eine schiefe Ebene herabgeglitten ist. Die abnehmende potentielle Energie kann aber direct auch in positive Arbeit umgewandelt werden, z. B. dadurch, dass man durch das herabfallende Gewicht das Räderwerk einer Uhr in Gang bringt.

Ein in einem Tretrade arbeitendes Thier bietet ganz ähnliche Vergleichspunkte dar.

Wie diese Beispiele lehren, tritt eine Aenderung der Energie nur durch Aufnahme von Energie von Aussen (Anheben durch fremde resp. eigene Muskelkraft) oder Abgabe nach Aussen ein (Arbeit an der Uhr resp. dem Tretrade). Da es für das Universum kein Aussen giebt, so folgt: Die Summe der im Weltall vorhandenen Energie ist constant; die einmal vorhandenen »Kräfte« können nicht verloren gehen, sie sind ebenso wie der Stoff, welchem die Kraft innewohnt, einem beständigen Wechsel der Form unterworfen.

Bilden Thier- und Pflanzenwelt in Bezug auf den Stoffumsatz einen gewissen Gegensatz, so lässt sich dies auch mit Rücksicht auf die Wechselwirkung zwischen den Formen der Energie nicht anders erwarten.

Die Pflanze consumirt lebendige Kraft, um sie in Form von einer besonderen Art potentieller Energie, als »chemische Spannkraft« aufzuspeichern, das Thier dagegen setzt die von der Pflanze aufgespeicherte potentielle Energie in lebendige Kraft um.

Mit demjenigen Theil der lebendigen Kraft, welche das Thier in Form von Wärme producirt, haben wir uns bei der Wärmelehre des Weiteren zu beschäftigen.

---

2. Blut und Blutbewegung.

Von

Dr. M. Sussdorf,
Professor in Stuttgart.

Als der wichtigste Vermittler der Stoffwechselvorgänge im Thierkörper functionirt das Blut. Durch die Organe des Circulationsapparates dauernd in kreisförmiger Bewegung erhalten, führt es den Geweben die für deren Ernährung und Leistungen erforderlichen, indirect der Aussenwelt entnommenen Stoffe zu, wie es andererseits auch die bei den Stoffwechselprocessen gebildeten »Schlacken« in sich aufnimmt und behufs Ausscheidung den Excretionsorganen überantwortet; es vermittelt somit den Verkehr der Elementarbestandtheile des Organismus mit der Aussenwelt.

Es interessirt uns somit das Blut nicht blos in seiner Zusammensetzung und den Veränderungen, welche es auf seiner Bahn erfährt, sondern auch rücksichtlich der Gesetze, nach denen es in strömender Bewegung erhalten wird.

I. Das Blut.

A. Physikalische Eigenschaften, Blutgerinnung.

Das in den Blutgefässen kreisende Blut ist eine purpur- oder kirschroth gefärbte, undurchsichtige, tropfbare Flüssigkeit von alkalischer Reaction und einem 1042—1062 betragenden specifischen Gewichte. Es hat einen je nach der Thiergattung differenten Geruch, salinischen Geschmack und eine Temperatur von 37—40°.

Die **Farbe** des Blutes ist nicht bei allen Thieren die gleiche; manchen (den meisten wirbellosen) fehlt eine solche ganz; bei den Insekten ist sie gelblich oder grünlich, bei Krebsen bräunlich; roth ist sie bei allen Vertebraten (excl. Amphioxus lanceolatus) und manchen Gattungen der Avertebraten (Schnecken und Regenwürmern).

Die rothe Farbe des Vertebraten-Blutes erscheint in zwei verschiedenen Nüancen, die sich nach dem grösseren oder geringeren Gehalte an O als eine purpur- oder zinnober- resp. als dunkelblau-kirschrothe erweist. Die erstere Nüance ist die des »arteriellen«, die letztere die des »venösen« Blutes. Dieses letztere besitzt dabei auch noch die Eigenthümlichkeit des Dichroitismus (Brücke), insofern,

als es nur im auffallenden Lichte dunkelroth, im durchfallenden Lichte dagegen und in dünnen Schichten grünlich erscheint.

Im Gegensatz zum Dunkelwerden des arteriellen Blutes bei Verdrängung des O durch CO_2, H, reducirende Substanzen oder Entgasung beobachtet man bei Ersetzung des O durch CO oder NO (z. B. nach Vergiftung durch Leuchtgas) eine etwas heller rothe Verfärbung des Blutes. Aber auch das arterielle Blut verschiedener Thierspecies zeigt noch Farbenunterschiede; unter unseren Hausthieren besitzt das hellste Blut der Hund, dunkleres Pferd und Schwein, das dunkelste das Rind.

Die **Undurchsichtigkeit** des Blutes wird durch dessen histologische Structur bedingt (s. histologische Abtheilung, S. 130 ff.). Die in der flüssigen, klaren und nur leicht gelblich tingirten Grundsubstanz, dem Plasma, suspendirten körperlichen, als Träger der Farbe functionirenden »Blutkörperchen« (Zellen und »Plättchen«) sind die Ursache derselben. Ihre unendlich grosse, mindestens ein Drittel des ganzen Blutvolums betragende Quantität veranlasst durch Lichtabsorption und Zerstreuung die Trübung. Sobald den Blutzellen die Farbe entzogen und die eigenartige Gestalt genommen wird, verschwindet die Undurchsichtigkeit. Das vordem Deckkraft besitzende Blut wird »lackfarben«. Alle die Zellen aufquellenden und zerstörenden Zusätze entziehen ihm auch den Farbstoff und machen es lackfarben; es thun dies Wasser, verdünnter Alkohol, Aether, Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Lösungen gallensaurer Salze etc., dann das wiederholte Gefrieren und nachfolgende Wiederaufthauen und das Durchleiten starker elektrischer Schläge.

Die **alkalische Reaction** des Blutes von der Intensität einer etwa 0,2—0,4 procentigen Sodalösung (Zuntz) hat nach dessen Austritt aus dem lebenden Körper keinen Bestand, sie geht in die neutrale und selbst sauere über. Die Prüfung der Reaction verlangt wegen der Deckkraft des Blutes besondere Manipulationen. Die einfachste besteht in Auftragung eines Tropfens des frisch entnommenen Blutes auf ein vorgängig mit neutralen, sog. indifferenten Salzlösungen (0,5—1 procentigen Lösungen von Chlornatrium, Natriumphosphat oder Sulfat) getränktes rothes Lakmuspapier. Auch die womöglich ohne Verdünnung erfolgte Filtration gestattet die Prüfung der Reaction; man bringt dazu das Blut auf eine poröse Thonplatte, deren entgegengesetzte Seite vorher mit Lakmustinctur gefärbt ist.

Das **spec. Gewicht** des Blutes schwankt innerhalb ziemlich enger Grenzen und ist bei verschiedenen Thierspecies wenig verschieden. Es beläuft sich nach Nasse bei

Mensch auf	1055
Pferd, Schwein, Hund auf . .	1060
Ziege auf	1042
Katze auf	1054
Kaninchen auf	1049

Das arterielle Blut besitzt ein geringeres specifisches Gewicht als das venöse Blut des gleichen Thieres.

Der Geruch des Blutes ist bei den verschiedenen Thiergattungen different und characteristisch; er rührt entweder von der Gegenwart freier Fettsäuren her und wird dann nach Zusatz von Schwefelsäure ($1^1/_2$ Vol.) etc. deutlicher (Barruel) oder von dem Gehalte an specifischen Riechstoffen (Jäger), wie sie als Bestandtheil des specifischen Eiweisses in das Molecül des allgemeinen Protoplasmaeiweisses bei der Assimilation im Thierkörper eintreten.

Die **Temperatur** des Blutes schwankt bei den Säugethieren von 37—40°, bei Vögeln beträgt sie 41—42°; sie variirt übrigens bei dem gleichen Individuum nicht nur nach verschiedenen Tageszeiten etc., sondern auch innerhalb verschiedener Organe

und Gefässe. Ganz allgemein ist z. B. das venöse Blut der Drüsen höher temperirt als das arterielle (s. Eigenwärme).

Gerinnungsvorgang. Das dem lebenden Gefässe entnommene oder in die Gewebe ergossene Blut bleibt nur kurze Zeit hindurch flüssig, danach nimmt es eine klebrige Beschaffenheit an, um bald zu einer vollkommenen Gallerte (Coagulum) zu erstarren, zu gerinnen. Schon jetzt bemerkt man, insbesondere bei Pferdeblut, in dieser gelatinösen zitternden Masse eine Schichtung derart, dass mehr an der Oberfläche des Coagulum eine schmale, gelblich-trübe (Crusta phlogistica, Speck- oder Entzündungshaut der alten Aerzte), im Uebrigen eine tiefrothe Schicht sich sondern. Die mikroskopische Untersuchung lässt in beiden zunächst ein von zartkörnigen vielverzweigten Fasern des Faserstoffes oder Fibrins hergestelltes Gerüst erkennen, dessen Lücken in der oberflächlichen Schicht insbesondere von den farblosen, in der tieferen Partie dagegen von den rothen Körperchen des Blutes dicht gefüllt werden. Nach kurzem Stehen schon treten an der Oberfläche des Blutcoagulums zunächst einzelne helle wasserklare Tröpfchen auf, die unter fortwährender Vermehrung bald zu einer Flüssigkeitsschicht zusammenfliessen; durch weitere Verkleinerung und Zusammenziehung des Coagulums kommt es schliesslich zu einer Auspressung von mehr und mehr Flüssigkeit, die bis zum Ablauf des 12 Stunden dauernden Vorganges in so reichlicher Menge erscheint, dass sie das ganze Gerinnsel von der Wand des Gefässes, in welchem das Blut sich befindet, abhebt. Dieses schwimmt dann als der sog. Blutkuchen (Crassamentum s. cruor s. placenta sanguinis) in dem weiterhin flüssig bleibenden Serum.

Die Dauer der Zeit, bis zu welcher die Gerinnung ihren Anfang nimmt, also der »**Gerinnungszeit**«, ist bei verschiedenen Thierarten eine verschiedene. Nach Nasse stuft sie sich folgendermassen ab: Schaf, Schwein, Ochs, Hund, Pferd; dabei senken sich die körperlichen Bestandtheile, die rothen voran, die farblosen langsamer, mit umgekehrter Geschwindigkeit, die des Pferdes am schnellsten, dann die von Katze, Hund, Ziege, Schaf, Ochs, Schwein. Je schneller sich die farbigen Blutzellen senken, um so deutlicher erfolgt die Schichtung des cruor, daher die crusta phlogistica des Pferdeblutkuchens am breitesten; bei Hund und Schaf entsteht gar keine crusta; auch beim Schwein fand Ellenberger keine solche. Pferdeblut gerinnt langsamer als Rinderblut. Delafond findet die Differenzen der Gerinnungszeit für Hund und Schaf zu 5–8 Min., Schwein 12—16 Min., Pferd 15—18 Min., Rind 25 bis 30 Min.; Thackrah für Schaf, Schwein und Kaninchen zu $^1/_2$ bis $1^1/_2$ Min., den Hund 1—3 Min., den Ochsen 5—12 Min. und das Pferd 5—13 Min.; für den Menschen H. Vierordt zu 3,5—17,5 (im Mittel zu 7—10 Min.); das Vogelblut gerinnt meist noch schneller als das der erstgenannten Thiere, das der Taube augenblicklich. Die verschiedenen Bedingungen, unter denen das Blut aufgefangen, erklären, wie aus dem Folgenden ersichtlich, die differenten Angaben; vielleicht spielen dabei auch individuelle Verhältnisse eine Rolle.

Auf den Vorgang der Gerinnung üben zahlreiche Momente einen modificirenden Einfluss aus. Verhindert wird die Gerinnung des Pferdeblutes auf unbegrenzte Zeit durch sofortige Abkühlung desselben auf 0°; in einem hohen, schmalen, von Eis umgebenen Cylindergefäss aufgefangenes Blut dieser Thierart demonstrirt dabei die Schichtung der verschiedenen Blutbestandtheile und somit das specifische Gewicht derselben in höchst instructiver Weise (Brücke). Die oberste, specifisch leichteste Partie besteht aus reinem Blutplasma; sie ist demgemäss gelb und durchsichtig und nimmt etwas über $^1/_3$ (nicht ganz die halbe Höhe der ganzen Blutsäule, nach Brücke) ein; als mittlere folgt eine gelblich-trübe, die farblosen Elemente des Blutes führende und etwa $^1/_{10}$ ($^1/_{40}$ nach Brücke) des Volumens umfassende Schicht; die unterste der Schichten enthält in wenig Plasma suspendirt die gefärbten Bestandtheile des Blutes. Bei nachfolgender Wiedererwärmung des Ganzen, wie besonders der Plasmaschichte erfolgt nunmehr die Gerinnung in der früher beschriebenen Art und Weise. Auch gegenüber anderem Blute wirkt die Kälte gerinnungsverzögernd; den gleichen Effect haben bei genügender Verdünnung die fixen und flüchtigen Alkalien, die Säuren, sowie der Zusatz reichlicher Mengen neutraler Alkalisalze (Chloralkalien, schwefelsaure, phosphorsaure, salpetersaure, kohlensaure und borsaure Alkalien); man kann z. B. die Gerinnung des Blutes durch Zusatz des 50fachen Volumens einer 0,75 procentigen NaCl-Lösung stundenlang, durch den des Drittelvolumens einer gesättigten Magnesiumsulfat-Lösung tagelang hintanhalten (Semmer, A. Schmidt). Reicher CO_2-Gehalt und O-Mangel verlängern nicht minder die Gerinnungszeit; es macht dies den verzögerten Eintritt der Coagulation des Erstickungs- und venösen gegenüber dem arteriellen Blute verständlich. Einen eigenthümlichen Einfluss auf die Gerinnbarkeit des Blutes übt auch der Peptongehalt aus. Schmidt-Mülheim wies zuerst nach, dass die durch Magensaft verdauten Eiweisskörper (Peptone), in die Blutbahnen eingespritzt, die Gerinnungsfähigkeit des bald danach entnommenen Blutes, wenigstens beim Hunde, aufheben. Diese gerinnungshemmende Wirkung des eingespritzten Peptons dauert indess nach Fano nur etwa bis 3 Stunden nach der Injection an; darüber hinaus entzogenes Blut gerinnt ebenso schnell und fest wie vordem. Ausserdem muss nach dem gleichen Autor der Gehalt des Blutes an Pepton eine gewisse Höhe erreichen, um die angedeutete Wirkung zu erzielen; er konnte mit grösster Wahrscheinlichkeit auf die Aufhebung der Coagulabilität rechnen, wenn er pro Kilogramm Körpergewicht 0,3 *g* Pepton in 3 *g* 0,5 procentiger Kochsalzlösung gelöst injicirte. Nach Salvioli verhindert auch die aus keimender Gerste gewonnene Diastase oder das aus der Speicheldrüse extrahirte Ptyalin die Blutgerinnung, wenn die Fermentlösung anderen Thieren (Hunden, nicht auch bei Kaninchen und Meerschweinchen) injicirt wurde. Selbst auch die Todesart und etwaige Erkrankungen des Körpers, insbesondere des Circulationsapparates (Haemophilie) alteriren die Blutgerinnung; das Blut mit Blausäure vergifteter Thiere z. B. verbleibt gewöhnlich ungeronnen.

Andere Influenzen befördern die Gerinnung des Blutes. Vor Allem thut dies der Contact desselben mit fremden Körpern. Auf diesem Umstande beruht z. B. die Möglichkeit, den Faserstoff dem Blute durch Schlagen mit dem Besenreiss etc. zu entziehen, das Blut zu defibriniren und es so weiterhin gerinnungsunfähig zu machen (»defibrinirtes Blut«). Vielleicht ist dabei nicht blos die Contactwirkung im Spiel, sondern die durch das Schütteln etc veranlasste allseitige Berührung mit der atmosphärischen Luft beschleunigt an sich schon die Gerinnung wesentlich; diese Thatsache bestätigt insbesondere die Erfahrung, dass Luft in die geschlossenen Gefässe, z. B. beim Aderlasse eingeführt, schnell Coagulation veranlasste; aber auch hier sind scheinbar nicht die Gase der Luft gerinnungsbegünstigendes Moment, denn auch

andere indifferente Gase (N, H) haben eine ähnlich beschleunigende Wirkung auf die Coagulation.

Wesen der Gerinnung. Der Gerinnungsprocess hat von jeher das Interesse der Physiologen erregt, und fehlt es daher nicht an Versuchen, das Wesen desselben zu erklären.

Die älteren Hypothesen führen die Coagulation auf den Wegfall der Bewegung nach dem Austritte aus dem Gefässe, auf die Berührung mit der atmosphärischen Luft, auf die erfolgende Abkühlung, Richardson (1858) auf Entweichen von Ammoniak aus dem Blute zurück. Nachdem aber von Schröder van der Kolk demonstrirt worden war, dass Schütteln die Gerinnung beschleunigt, und dass das Peitschen gerade den Faserstoff zur vollkommenen Ausscheidung bringt, sowie dass das Blut zuweilen noch stundenlang (6—8 Stunden) nach dem Tode in den Gefässen erstickter oder vergifteter Thiere flüssig getroffen wird (Brücke, eigene Beobachtungen), nachdem weiterhin Brücke gezeigt hatte, dass auch unter Quecksilber, somit unter absolutem Ausschluss der Luft aufgefangenes Blut regelrecht gerinne, ferner dass die Abkühlung die Gerinnumg nur verzögere (Hewson) und endlich, dass das Blut innerhalb einer intra vitam abgebundenen Vene nur in der Nachbarschaft der mit Ammoniak überstrichenen Partie gerinne (Lister), sah man sich zur Aufsuchung einer anderen Erklärungsweise genöthigt

Nach dem unbeachtet gebliebenen Vorgange Buchanan's (1845) wurde von Alexander Schmidt (1872) unabhängig von jenem die Theorie der Gerinnung in einer Form aufgestellt, wie sie mit einiger durch die Erfahrungen E. Brücke's und Hammarsten's bedingten Abänderung auch jetzt noch Giltigkeit hat. Das Wesen der Gerinnung besteht hiernach in dem durch ein Ferment, das Fibrinferment, herbeigeführten Uebergang der in dem Blutplasma gelöst enthaltenen fibrinogenen Substanz in Faserstoff, ein Vorgang, der durch die Mitwirkung der fibrinoplastischen Substanz wesentlich gefördert, ja vielleicht vermittelt wird.

A. Schmidt war auf Grund seiner Versuche zunächst der Anschauung, dass das Fibrin sich einfach durch den Zusammentritt der fibrinogenen und fibrinoplastischen Substanz bilde; es gelang ihm nämlich die Darstellung jenes Körpers durch Vereinigung zweier Lösungen, deren eine erhalten wird, wenn man das aus dem Blutplasma oder Hydrokeleflüssigkeit*) durch Eintragen von Kochsalz niedergeschlagene Fibrinogen mit verdünnter Kochsalzlösung behandelt; deren andere dagegen hergestellt wird, indem man Blutserum in etwa der gleichen Weise tractirt; Zusatz gepulverten Kochsalzes nämlich erzeugt darin einen flockigen Niederschlag, der, abfiltrirt und in Wasser aufgenommen, wieder gelöst wird. Da nun aber diese Fibrinbildung nicht auch erfolgt, wenn die zweite Lösung durch Ausfällen der fibrinoplastischen Substanz mittelst Ansäuern des 10—15 fach verdünnten Blutserums und nachfolgende Auflösung des erhaltenen Coagulums in verdünnter Na Cl-Lösung bereitet wird, so kam zunächst Brücke und dann auch A. Schmidt auf die Idee, dass bei der Ausscheidung des Fibrinoplastin durch die Kochsalzmethode ein Körper mit gewonnen werden müsste, welcher, wenn auch nicht das Material, so doch die Anregung zur Fibrinbildung gebe,

---

*) Hydrokele, Wasserbruch, ist eine beim Menschen häufiger vorkommende Scheidenhaut-Erkrankung, die zur Exsudation mehr oder weniger grosser Mengen serumähnlicher Flüssigkeit in den serösen Raum des Hodensackes führt.

letzterer nannte ihn das Fibrin- oder Gerinnungsferment.*) Auf die Existenz eines solchen Körpers wiesen auch andere Erfahrungen hin, besonders jene, wonach an sich nicht gerinnungsfähige Flüssigkeiten (Bauchwasser, Hydrokeleflüssigkeit und andere Transsudate) durch Zusatz von Blutbestandtheilen, Gewebsstücken die Fibrinbildung ebenso eingehen wie das Blut selbst. Den definitiven Nachweis aber erbrachte A. Schmidt durch Isolirung der fraglichen Substanz, die ihm durch Ausfällung der Eiweisskörper des (Rinder-)Blutserums mittelst der 20fachen Menge starken Alkohols, mindestens 3wöchiges Stehenlassen dieses Niederschlages unter dem Weingeist und nachfolgende Extraction des bei 40° getrockneten Filterrückstandes durch Zerrühren in etwa der 65fachen Menge Wassers gelang. Die kleinste Quantität dieses Auszuges ruft in Flüssigkeiten, wie in dem mit $^1/_3$ seines Volumens 30 pCt. Magnesiumsulfatlösung versetzten und nachfolgend mit 8 Theilen Wassers verdünnten Blutplasma, dessen Gerinnungsfähigkeit also verzögert resp. aufgehoben worden ist, schnell Fibrinbildung hervor. Nächst A. Schmidt untersuchte die näheren Beziehungen des Fibrinfermentes zu dem Fibrinogen und der Fibrinbildung Hammarsten (1883) des genaueren; er zeigte zunächst, dass auch in reinen Paraglobulin-freien Lösungen durch das Fibrinferment Fibrinbildung herbeigeführt werde und dass diese somit nicht auf dem anfänglich vermutheten Zusammentritt der beiden Fibringeneratoren beruhe, sondern dass vielmehr durch das Ferment in Fibrinogenlösungen zwei Substanzen entständen, von denen die unlösliche in Fibrin überginge, während die lösliche, eine Globulinsubstanz, nicht zur Ausscheidung komme; die fibrinoplastische Substanz gestalte nur die Bedingungen für die Ausscheidung des Fibrins günstiger, so dass bei gleichem Fibrinogengehalt der Lösung und gleichzeitiger Anwesenheit fibrinoplastischer Substanz mehr Fibrin ausgeschieden werde, als wenn letztere nicht zugegen, vielleicht weil dadurch eine grössere Menge Fibrinogen in die unlösliche Modification übergeführt wird. Holzmann (1885) schliesst sich der Anschauung Hammarsten's im Wesentlichen an; auch nach ihm erzeugt u. a. Zusatz des Wasserextractes aus den mit Alkohol gefällten Eiweisssubstanzen des Blutserums oder des Hühnereiweisses, aber auch blosse Durchleitung eines O-Stromes in reinen Fibrinogenlösungen Gerinnung; er glaubt deshalb, dass hierin Oxydation und Fermentation Hand in Hand gehen.

Wenn nach dem Angeführten das Wesen des Gerinnungsvorganges als ein fermentativer Process sich erwiesen hat, welcher zur Entstehung eines unlöslichen Eiweisskörpers in dem ausgetretenen Blute führt, so bleibt noch die Frage zu beantworten, warum dieser Process nur in dem ausgetretenen und nicht auch in dem in der unversehrten Gefässbahn kreisenden Blute sich abspielt, d. h. welches der Grund der Flüssigerhaltung des Blutes im lebenden Körper ist. Es ist a priori zu vermuthen, dass dieser nur in dem Mangel der Existenz der Gerinnungsbedingungen in dem circulirenden Blute und in dem Vorhandensein irgend eines Agens zu suchen ist, welches deren Eintritt verhindert. In der That hat sich denn auch bei näherer Prüfung der diesbezüglichen Verhältnisse im normalen Blute erwiesen, dass in dessen Plasma nur

---

*) »Fermente« nennt man eine Summe geformter oder nicht geformter Körper, welche den Zusammentritt oder die Spaltung anderer Substanzen veranlassen, ohne dabei selbst Veränderungen einzugehen oder gar gebunden zu werden. Sie erzielen so den gleichen Effect wie gewisse chemische Reagentien, unterscheiden sich jedoch in ihrem Vorgehen ganz wesentlich von solchen.

das Fibrinogen präexistirt, das Fibrinferment und die fibrinoplastische Substanz aber, wenigstens bei den Säugern, sich erst nach dem Austritte des Blutes etc., wahrscheinlich durch den Zerfall der farblosen Elemente des Blutes bilden. Es ist ferner festgestellt worden, dass die normale, lebende Gefässwand allein das Auftreten der Fibringeneratoren zu verhüten im Stande (Brücke) oder dass sie das einzige bekannte Gebilde ist, welches keinen störenden Einfluss auf die Constitution des Blutes ausübt und somit auch keinen Anlass zur Entstehung jener Factoren und damit zur Fibrinausscheidung abgiebt (Grünhagen). Brücke vermuthet behufs Erklärung dieser eigenthümlichen, flüssig erhaltenden Einwirkung der lebenden Gefässwand auf das Blut, dass entweder das Blut immer von Neuem und mit neuen Partien der Gefässwand in Berührung kommen müsse, oder und dieses ist wohl das Wahrscheinlichere, dass zwischen der Gefässwand und dem kreisenden Blute eine Wechselbeziehung bestehe, die es veranlasst, dass mit Eintritt der Blutstagnation sich die Ernährungsstörung der Gefässwand ausbildet, welche die normale Composition des Blutes für die Dauer nicht mehr zu erhalten vermag.

Wiederum war es A. Schmidt zuerst, welcher den Nachweis nur der Präexistenz des Fibrinogen im Plasma des normalen Blutes erbrachte; das verdünnte und filtrirte Plasma gerinnt sehr langsam und unvollkommen, erst nach Zusatz von Paraglobulin wird die Menge des entstehenden Fibrins so gross, wie im nicht filtrirten Plasma. Das besagt, dass nur das Fibrinogen im Plasma enthalten ist und dass die fibrinoplastische Substanz, die im Filterrückstand sehr reichlich sich findet, nebst dem Fibrinferment erst aus den zurückbleibenden körperlichen Bestandtheilen des Blutes entsteht. Diese Entstehung der letzteren beiden Fibringeneratoren glaubt A. Schmidt auf den Zerfall der farblosen Körperchen des Blutes (Leukocyten und intermediäre Blutkörperchen, d. h. die durch Kerngehalt und Anfüllung mit Haemoglobinkörnchen sich als Zwischenformen der farblosen und farbigen Zellen characterisirenden Gebilde) zurückführen zu können. Er beobachtet nämlich bei mikroskopischer Untersuchung eines Tropfens Pferdeblutes, das durch Kälte vor dem Gerinnen geschützt wird, einen Zerfall der farblosen Körperchen und Uebergangszellen zu körnigem Detritus, von dem dann die Fibrinfäden auszugehen scheinen. Dieser Untergang soll eine ausserordentlich grosse Menge und zwar bis zu 77 pCt. der überhaupt vorhandenen farblosen Körperchen betreffen und zu einer um so reichlicheren Fibrinbildung führen, je mehr ihm solcher Elemente anheimfallen können. Darauf beruht es z. B., dass nur die an Leukocyten reiche Perikardialflüssigkeit spontan gerinnt, während die daran arme den Blutserumzusatz fordert; dass ferner sich um einen Faden, welcher in eine gerinnungsfähige Flüssigkeit taucht, zunächst die Körperchen festsetzen und so die Ausgangspunkte der Fibrinfäden bilden, und dass endlich das mit verdünnter Kochsalzlösung versetzte stark abgekühlte Plasma, von den Körperchen befreit, bei nach-

folgender Erwärmung nur sehr schwach gerinnt, während das die Körperchen enthaltende Sediment ein festes Coagulum giebt. Das aus der Ader direct in Alkohol fallende Blut giebt daher auch äusserst wenig oder gar kein Ferment (nur Birk konnte im circulirenden Blute vorhandenes Ferment nachweisen) und wenn dasselbe vom Pferde stammend, durch die Abkühlung geschichtet mit Rücksicht auf den Fermentgehalt seiner 3 Schichten untersucht wird, so lässt sich wiederum constatiren, dass die die farblosen Elemente enthaltende mittlere Schicht resp. der Filterrückstand des ungeronnenen Plasma reichliche Mengen von Ferment enthält, während das Filtrat sowohl, wie die unterste die rothen Körperchen führende Schicht daran arm ist.

Freilich stimmen gerade in neuester Zeit nicht alle Physiologen in der Anschauung überein, dass die farblosen Blutzellen die Muttergebilde der nicht präexistenten Fibringeneratoren seien. Bizzozero lenkte 1882 die Aufmerksamkeit auf die von vielen Histologen (Schultze, Ranvier, Hayem etc.) bereits gesehenen, von ihm aber als aus zusammenklebenden und zerfallenden Blutplättchen, den dritten Formbestandtheil des Blutes, entstehenden Körnchenhaufen und glaubte in ihnen das Material zur Fibrinbildung suchen zu müssen. Er fühlte sich zu dieser Annahme u. a. berechtigt dadurch, dass die netzartig verbundenen Fibrinfäden eines gerinnenden Bluttröpfchens in jenen Körnchenhaufen zusammenlaufen, (eine Beobachtung, die auch Hayem schon zu der gleichen Vermuthung über die Stellung seiner Haematoblasten zur Fibrinbildung geführt hatte), dass die Zeit, binnen welcher es zur Gerinnung eines ausgetretenen Bluttropfens komme, mit derjenigen übereinstimme, welche zur Entartung der Blutplättchen nöthig ist, dass ferner die Mittel, welche dieser Entartung der Blutplättchen entgegenwirken, zugleich auch die Gerinnung verhindern und dass endlich jener reichliche Zerfall von Leukocyten, wie ihn A. Schmidt lehre, nach dem Austritte des Blutes factisch nicht statthabe etc. etc.

Seitdem wogt nun ein lebhafter Kampf zwischen den Anhängern der Schmidt'schen und Bizzozero'schen Theorie, welcher dem Anschein nach neuerdings die erstere den Sieg davontragen lassen dürfte. Wenn auch Hart, Osler, Halla, Lavdowsky u. A. sich unverhohlen für Bizzozero's Anschauung ausgesprochen haben, so sind schon kurze Zeit nach des letzteren Entdeckung vereinzelte, neuestens aber immer mehr Stimmen laut geworden, welche Grund haben, gegen diese aufzutreten und zum grössten Theile wieder auf die farblosen Blutzellen zurückkommen, so z B. Fano, der durch mikroskopische Untersuchung in durch Wasserzusatz langsam gerinnendem Peptonblute des Hundes die Leukocyten bei der Fibringerinselbildung eine weit hervorragendere Rolle spielen sah, als die Blutplättchen, ferner Löwit auf Grund der Thatsache der Gerinnung auch der Kaninchenlymphe, die keine Blutplättchen enthält, dann Hlava, endlich Schimmelbusch, der diese auch noch in dem lockeren rothen Gerinsel des Herzblutes intact und frei bestehen sah und keinen Parallelismus zwischen Fibrinbildung und Plättchenzerfall nachzuweisen vermochte. Groth schliesslich beobachtete während der Injection farbloser Blutzellen aus Eiter, Lymphdrüsen, serösen Flüssigkeiten des Pferdes in die Blutbahnen von

Hunden und Katzen eine fast momentane Gerinnung heraustretenden Blutes in Folge sofortigen Zerfalles der injicirten wie der präformirten Zellen, fand aber sofort nach diesem das entnommene und durch den Zelluntergang bis auf $^9/_{10}$ seiner Leukocyten beraubte Blut fast gerinnungsunfähig.

Als Quellen des Fibrinfermentes werden von Nauck ganz neuerdings auch die Stromata der rothen Blutzellen angesehen. Besonders Rinder-, in geringerem Grade Pferdeblutkörperchen sollen ihres Haemoglobius beraubt durch Fermententwickelung die Gerinnung beschleunigen. Andeutungsweise sei hier auch noch darauf hingewiesen, dass nach A. Schmidt und Semmer die sedimentirten rothen Blutkörperchen aus defibrinirtem Vogel- und Reptilienblut mit Wasser behandelt eine Gallerte entstehen lassen (die sog. zweite Gerinnung), die sich aus den Stromata der farbigen Zellen bilden soll. Ebenso erzielten Hoppe-Seyler und Landois Gallerten aus rothen Blutkörperchen von Säugethieren; ersterer, wenn er die durch Salzlösung sedimentirten Blutkörperchen in dadurch am Gerinnen verhindertem Blute vorsichtig mit Wasser versetzte, letzterer bei der Auflösung rother Zellen in dem Serum einer anderen Blutart; es soll deshalb auch der Uebergang der Stromasubstanz in feine Fibrinfäden (daher auch Stromafibrin gegenüber Plasmafibrin) vorkommen. Rollet kann eine derartige Fibrinbildung aus dem Stroma der rothen Elemente nicht anerkennen, er glaubt, dass hier andere Vorgänge vorliegen, ebenso wie er den von Heynsius erbrachten bezüglichen Beweis, wonach die aus einem in 2—4 pCt. Kochsalzlösung von 0° aufgefangenem Blute sedimentirten rothen Blutzellen mit Blutserum versetzt noch zur Bildung eines festen Kuchens Veranlassung gegeben hätten, als nichtig bezeichnet, weil hierbei eine Beimischung von Plasma und Leukocyten unvermeidlich sei.

Wooldridge endlich findet in der Ableitung des Fibrinfermentes aus zerfallenen farblosen Blutzellen nicht die Erklärung zweier von ihm mitgetheilter Beobachtungen; nach der einen gerinnt ein durch Centrifugiren aller seiner körperlichen Bestandtheile beraubtes, in 10 pCt. Kochsalzlösung aufgefangenes Blut erst, wenn ihm Fibrinferment oder die 5fache Wassermenge zugesetzt wird; auch kann er nicht aus unverdünntem, wohl aber aus verdünntem Salzplasma Fibrinferment darstellen; nach seiner zweiten Erfahrung gerinnt Peptonplasma erst nach Beifügung von Lecithin und Durchleitung eines Kohlesäurestromes, eine Procedur, welche ihrerseits auch erst das Fibrinferment nachweisbar werden lässt. Es scheint, dass Wooldridge hierin einen Beweis für den gerinnungsfördernden, wenn nicht bedingenden Einfluss des Lecithin erbringen will, wie er ihn schon früher diesem Körper in ähnlicher Weise wie der fibrinoplastischen Substanz zugewiesen hat.

B. Morphologische und chemische Zusammensetzung.

Die mikroskopische Untersuchung des Blutes lehrt, dass, wie dies schon im histologischen Theile dieses Werkes, Seite 130 ff. genauer ausgeführt ist, dasselbe in dem homogenen Plasma als geformte Bestandtheile farbige und farblose Blutzellen, die sog. Blutplättchen und Elementarkörnchen enthält.

I. Das Blutplasma.

Das Blutplasma ist eine bei den meisten Thieren fast farblose, beim Pferde citronengelbe Flüssigkeit von alkalischer Reaction und klebriger Beschaffenheit. Sein specifisches Gewicht beträgt für Pferde-

blut 1023 (eigene Untersuchungen); es ist somit leichter als die in ihm suspendirten körperlichen Gebilde (s. u.). Trotzdem sind wir nicht im Stande, dasselbe durch Sedimentiren stehenden Blutes zu isoliren; auch die einfache Filtration trennt es nicht von seinen körperlichen Elementen. Die in jenem nach wenigen Minuten eintretende Gerinnung verhindert ein wirkliches Senken der Körperchen, und diese schlüpfen bei der Filtration als unendlich kleine Gebilde selbst durch die Poren des Filters mit hindurch. Die Trennung des Plasma von den Körperchen erfordert somit besondere Manipulationen.

Darstellung. Am leichtesten und reinsten gelingt die **Darstellung des Blutplasmas** nach der oben geschilderten Methode der Flüssigerhaltung des Pferdeblutes durch Abkühlung auf resp. unter 0° (Brücke), unrein und vermischt mit anderen Substanzen dagegen durch Hinzufügung jener Chemikalien zu allerhand Blut, welche die Blutgerinnung zu verzögern oder ganz aufzuhalten im Stande sind (z. B. des Drittelvolumens einer 25—28 pCt. Magnesiumsulfatlösung, des Doppelvolumens einer 4 pCt. Dihydronatriumphosphatlösung, des Sechstelvolumens einer gesättigten Natriumsulfatlösung etc.); auch diese Methoden gestatten die Schichtung und damit nachfolgend die Abhebung des ungeronnenen »Salzplasmas«. Das so erhaltene Blutplasma bleibt, wenn die Bedingungen der Flüssigerhaltung des Blutes nicht fortbestehen, selbst auch nicht flüssig, es coagulirt vielmehr; das tritt z. B. ein bei Erwärmung abgekühlten Pferdeblutplasmas, ferner bei Verdünnung des Salzplasmas mit Wasser oder bei Entziehung des Salzes auf dem Dialysator. Schneller noch als blosse Erwärmung bewirkt gleichzeitiges Schlagen die Ausscheidung des Gerinnungsproductes, des Faserstoffes.

Die **chemische Zusammensetzung des Blutplasmas**. Das Blutplasma ist eine Lösung zahlreicher organischer und anorganischer Körper.

A. Unter den **organischen** Bestandtheilen des Blutplasmas sind als Eiweisskörper besonders nennenswerth:

a) Die fibrinogene Substanz, Fibrinogen. Dasselbe ist ausser im Blutplasma auch in anderen nach dem Austritte aus ihren natürlichen Behältern freiwillig coagulirenden Flüssigkeiten (Lymphe, Chylus), wie auch in den erst nach Zusatz von Blut, Blutserum etc. gerinnenden Transsudaten (Perikardial-, Pleural-, Peritoneal- Hydrokele-Flüssigkeit etc.) vorgebildet enthalten; durch sein gemeinsames Vorkommen mit fibrinoplastischer Substanz in der gleichen Flüssigkeit giebt es dieser spontanes Gerinnungsvermögen (A. Schmidt's plastische Flüssigkeiten), im Blutserum findet es sich nicht mehr. Das Fibrinogen zeigt sehr ähnliche Lösungsverhältnisse wie die fibrinoplastische Substanz und ist daher aus den plastischen Flüssigkeiten sehr schwer von dieser zu isoliren.

Denis stellte daher 1861 auch zunächst ein Gemisch beider durch Sättigung des Plasma mit Neutralsalzen (Na Cl) her, das Plasmin; erst danach gelang es A. Schmidt aus Pferdeblut zunächst die fibrinoplastische Substanz und dann das Fibrinogen auszuscheiden, und ganz besonders Hammarsten vermochte diese

Trennung beider Körper vorzunehmen, indem er das durch Zusatz von $^1/_3$ Vol. gesättigter Bittersalzlösung am Gerinnen verhinderte Blut durch Filtration von den Blutkörperchen befreit und das als Filtrat erhaltene Plasma (Salzplasma) mit dem gleichen Volumen gesättigter Kochsalzlösung ausfällt; das entstandene Coagulum wird danach in 8 pCt. Na Cl-Lösung wieder aufgelöst, durch gesättigte Kochsalzlösung wieder gefällt; nach mehrmaliger Wiederholung dieser Procedur erhält H. die 1—1,5 pCt. Na Cl enthaltende Lösung reinen Fibrinogens; in gleicher Weise gewinnt man es auch aus den Transsudaten.

Das Fibrinogen gehört unter die Globuline, eine Gruppe von Eiweisskörpern, welche in reinem Wasser unlöslich, dagegen in verdünnten Neutralsalzlösungen löslich sind, aus diesen aber durch weitere Concentration, z. B. mit Kochsalz wieder ausgefällt werden; Behandlung mit verdünnten Alkalien resp. Säuren lässt sie in Alkali- resp. Acidalbuminate übergehen. So wird auch das Fibrinogen durch sehr verdünnte Natronlauge gelöst, aber vermittelst CO_2-Durchleitung wieder coagulirt. Aehnlich fällt auch langsame Erwärmung auf 52—55° C. ein Fibrinogen wieder aus, welches in einer 1—5 pCt. Chlornatriumlösung gelöst enthalten ist, auch Zusatz von Alkohol und Aether oder Mischungen beider haben ähnlichen Effect. Aus Pferdeblutplasma liess sich mittelst dieser das Fibrinogen zur Ausscheidung bringenden mässigen Erwärmung auf 56° C. 0,4299 pCt. gewinnen (Frédéricq).

b) Die fibrinoplastische Substanz (A. Schmidt), das Paraglobulin (Kühne), Serumglobulin (Weyl und Hoppe-Seyler) oder Serumcasein, ein ebenfalls zu den Globulinen gehöriger Eiweisskörper, der aber erst nach dem Austritte des Blutes aus dem Körper sich bildet, findet sich, weil er in die Fibrinbildung nicht eigentlich hineingezogen wird, auch noch zu 2—4 pCt. im Blutserum, den rothen und farblosen Blutzellen und den Parenchymflüssigkeiten vor. Am reinsten wird das Serumglobulin durch Sättigung vom Blutserum (insbesondere vom Rinde) mit Magnesiumsulfat in Substanz gewonnen; der so entstehende flockige Niederschlag ist in höchst verdünnter Neutralsalzlösung löslich und kann durch wiederholte Fällung mit gepulvertem Kochsalz oder Magnesiumsulfat und nachfolgende Wiederlösung gereinigt werden. Auch vermittelst Durchleitung eines kräftigen CO_2-Stromes oder Zusatzes verdünnter Essigsäure zu dem mit der 10- bis 20fachen Menge Wassers diluirten Blutserum gelingt die Ausscheidung des Paraglobulins. In seinen Eigenschaften dem Fibrinogen sehr ähnlich, weicht es von diesem doch besonders auch dadurch ab, dass es in 10 pCt. Na Cl-Lösung gelöst, erst bei etwa 69—70° C. coagulirte. Seine characteristischste Reaction besteht in der Fähigkeit, den sog. Transsudaten zugesetzt, Fibrinausscheidung hervorzurufen. Sein Drehungsvermögen für die Ebene des polarisirten Lichtes beläuft sich in 1—4 pCt. Lösungen auf —47,8° (Frédéricq).

c) Das Fibrinferment, der nach der Anschauung der meisten Forscher ebenfalls erst nachträglich durch Körperchenzerfall sich im Blute bildende (s. o.) und danach im Blutplasma und anderen

abgestorbenen bluthaltigen Organen (Muskeln, Gehirn, Nieren, Hoden, pflanzlichen Mikroorganismen) enthaltene, nach Birk indess schon im circulirenden Blute präexistirende und durch Wasserinjection sich mehrende Fermentkörper, wird am besten aus Rinderblutserum durch Alkoholzusatz in der oben angedeuteten Weise ausgefällt und aus dem Coagulum nach erfolgter Trocknung durch Extraction mittelst Wassers erhalten. In wässeriger Lösung erwärmt, verliert das Ferment seine gerinnungserregende Kraft schon bei 70° C. Das Ferment ist ein »ungeformtes« und wird aus seinen Lösungen, die z. B. gleichzeitig Paraglobulin enthalten, bei dessen Ausfällung mit niedergeschlagen.

Das durch Zusammenwirken der genannten drei Körper entstehende Fibrin oder der Faserstoff ist eine faserige, gelblich-weisse, elastische Masse, welche unter dem Mikroskope aus zahllosen, netzartig zusammenlaufenden, doppeltlichtbrechenden (Hermann), oft gekörnten Fäden besteht, im trockenen Zustande aber eine gelbbraune, spröde Masse bildet. In den gewöhnlichen Lösungsmitteln unlöslich, quillt das Fibrin in 0,1 procentiger Salzsäurelösung unter Uebergang in Syntonin zu einer glasigen Gallerte auf, während es nur ganz frisch gewonnen durch 6—8 procentige Salpeterlösung nebst einer geringen Menge Ammoniaks (Denis), sowie durch eine vom Thierkörper gebildete organische Base, das Neurin (Mauthner), gelöst wird. Solutionen des Fibrin in 10 pCt. Chlornatrium-, 14 pCt. Magnesiumsulfat- und 12 pCt. Salpeterlösung lassen in der Hitze einen flockigen Niederschlag entstehen (Holzmann). Das in der gewöhnlichen Weise durch Schlagen aus dem Blute erhaltene Fibrin ist nie rein, sondern stets haften ihm anorganische Körper wie Eisen, phosphorsaure Erden in mehr oder weniger reichlicher Menge an. Fäulniss lässt das Fibrin sich in lösliches, durch Kochen coagulirbares Eiweiss umwandeln; es bilden sich indessen dabei auch andere durch Neutralisation fällbare Eiweissmodificationen. Die Menge des aus einer bestimmten Quantität Blutes resp. Plasmas erhaltenen Fibrins als Trockenfibrin ist eine in Anbetracht des grossen Volumens des frischen Fibrins nur geringe, dabei aber bei verschiedenen Thierspecies und individuell verschiedene, selbst bei dem gleichen Individuum scheint sie abhängig von mancherlei Verhältnissen zu schwanken. So beträgt sie bei unseren Haussäugethieren nach Delafond 0,21—0,46 pCt., nach Nasse 0,17—0,4 pCt, am reichsten scheinen Schweine-, Pferde- und Rinderblut daran, 0,3—0,4—0,5 pCt., am ärmsten Hundeblut, 0,2 (Delafond), 0,1—0,5 pCt. (S. Mayer).

Gegenüber Hoppe-Seyler, welcher (gleichmässige Behandlung vorausgesetzt) aus gerinnbaren Flüssigkeiten im Allgemeinen gut übereinstimmende Fibrinwerthe erhielt, soll die Fibrinmenge nach S. Mayer sogar in verschiedenen Proben des gleichen und gleichzeitig entnommenen Blutes differiren können. Jedenfalls lassen aber gewisse Erkrankungen die Fibrinmenge im Blute zunehmen; so steigt dieselbe bei entzündlichen, fieberhaften Erkrankungen wie Pleuritis, Pneumonie, septischen und pyämischen Infectionen, Rheumatismen etc. bis auf 1 pCt. Hammarsten findet in dem Fibrin keine ganz gleichartige Masse, sondern er unterscheidet je nach der

Herstellungsweise 3 Fibrinsorten »fibrine concrète modifiée«, »fibrine concrète globuline«, »fibrine concrète pure«, das ersterere davon wird durch Verdünnung des Pferdeblutes mit Kochsalzlösung, nachfolgende Filtration und nunmehriges Schlagen des mit Wasser diluirten Filtrates hergestellt. Die wesentlichsten Unterschiede zwischen den 3 Sorten bestehen in etwas differenter Löslichkeit etc.

Serum. Durch den Gerinnungsprocess wird das Blutplasma eines Theiles seiner Eiweisskörper, die in die Fibrinbildung übergehen, beraubt; es wandelt sich damit in das Blutwasser oder Serum um. Eine wässerige Flüssigkeit hat dasselbe, ein klares, fast farbloses, beim Pferde und Rinde in dickeren Schichten gelbliches oder selbst bräunliches, beim Hunde grünliches Aussehen. Bei grösserem Fettgehalt trübt es sich und erscheint dann wie eine stark verdünnte Milch (so auf der Höhe der Fettverdauung, bei gemästeten Gänsen und Zuckerharnruhrkranken). Sein specifisches Gewicht beträgt 1022—1028 (beim Pferde 1025 bei einem specifischen Gewicht von 1023 für das zugehörige Plasma), seine Reaction ist schwach alkalisch (gleich einer 0,1—0,2 pCt. Sodalösung [Zuntz]), sein Geschmack deutlich salzig. Das specifische Drehungsvermögen des Serums beträgt für Pferdeblut —50,4°, für Rinderblut —50,4—52° und für Kaninchenblut — 56°; die Grösse desselben richtet sich wesentlich nach dem Vorwiegen des stärker drehenden Serumalbumin oder des schwächer drehenden Paraglobulin. Die Bestandtheile des Blutserums kommen, weil es nichts anderes ist als Plasma minus Fibrin, auch dem Plasma zu. Neben den (bei Pferd und Rind nach Hammarsten noch etwa) 4—4,5 pCt. Serumglobulin, welche bei der Gerinnung nicht mit zur Ausscheidung kommen, erscheinen als Eiweisskörper noch besonders erwähnenswerth:

d) Das Serumalbumin oder Serumeiweiss (Serin nach Denis), eine dem Repräsentanten der »löslichen« Eiweisskörper, dem Eieralbumin sehr nahe stehende, aber in einzelnen Reactionen sich davon unterscheidende Eiweissart, deren Menge ca. 2,5—4 pCt. beträgt. Im Wasser des Serum vielleicht unter Mitwirkung gewisser Salze gelöst enthalten, trübt es durch Erhitzen auf 60—70° C. die Lösungsflüssigkeit, um bei einer Temperatur von 70—75° zu coaguliren.

Eine vollkommene Ausscheidung desselben erfolgt aber erst nach vorheriger schwacher Ansäuerung durch Essigsäure; aus neutraler oder alkalischer Lösung vermag selbst Siedehitze nicht alles Albumin niederzuschlagen (Lehmann). Das Coagulum stellt eine flockig-weisse, im durchsafteten Zustande voluminöse, im trockenen Zustande dagegen feste, spröde, gelblich-bräunliche Masse dar, welche immer einen gewissen Salzgehalt führt, der selbst durch langdauernde Dialyse nicht unter 0,5 bis 1 pCt. herabzubringen ist. Das Serumalbumin besitzt ein Drehungsvermögen für die Ebene des polarisirten Lichtes von — 62—64,5° (Starke), — 44° beim Hunde (Fredericq) und wird durch Behandlung mit Aetzalkali in Alkalialbuminat, mit Pflanzensäuren, dreibasischer Phosphorsäure und verdünnten Mineralsäuren in Säurealbuminat (Acidalbumin, Syntonin) übergeführt. Starker Alkohol fällt das Serumalbumin nebst anderen Eiweisskörpern des Serums. Im Uebrigen giebt jenes die Reactionen der Proteine überhaupt (s. u.).

Es ist zu vermuthen, dass die Menge des in der Nahrung ent-

haltenen Eiweisses einen gewissen Einfluss auf das im Blutserum gelöste, also »circulirende oder Circulationseiweiss« ausübt; damit in Uebereinstimmung fand Tiegel im Blute hungernder Schlangen kein Serumalbumin, dasselbe kehrte erst mit Wiederbeginn der Fütterung zurück; ebenso beobachtete Burkhardt eine Abnahme des Serumalbumin im Hunger, konnte aber gleichzeitig constatiren, dass dafür die Menge des Paraglobulin zunahm und so das Verhältniss beider Körper zu einander, welches sich beim Pferde (Paraglobulin : Albumin) = 1 : 0,6 beim Rinde = 1 : 0,84, beim Menschen = 1 : 1,5 und beim Hunde = 1 : 1,8 gestaltet, eine wesentliche Abänderung erlitt.

Die Gewinnung des Serumalbumin gelingt erst nach vorheriger Ausfällung des Serumglobulin durch Magnesiumsulfat mittelst weiteren Zusatzes von Natriumsulfat (Starke, Schäfer u. A.). Durch die Dialyse kann es dann des grössten Theiles der beigemischten Salze beraubt werden.

Frédéricq will in dem Serum des Pferdeblutes auch noch geringe Mengen fibrinogener Substanz constatirt haben.

Durch Zusatz von Ammoniumsulfat zu alkalischem Blutserum gelingt es, alle Eiweisskörper desselben niederzuschlagen (Méhu, Hammarsten, Heynsius u. A.), ja man kann damit die einzelnen Proteinkörper sogar fractionirt erhalten; steigt nämlich der Concentrationsgrad des Serum an Ammoniumsulfat von 24,1—33,6 pCt., so wird dadurch das gesammte Serum-Globulin gefällt; geht dieser Concentrationsgrad über 33,6 pCt. hinaus, so coagulirt auch das Albumin, ein Vorgang, der bei 47,2 pCt. beendet ist (Kauder).

e) Von den Abkömmlingen des Eiweisses, wie sie theils durch die Verdauung, theils durch die regressive Metamorphose der N-h-Bestandtheile des Nahrungsmaterials entstehen, sind in dem Blute als dem wesentlichsten Transportmittel aller circulirenden Substanzen entsprechende Mengen Bestandtheile des Serums. Es soll hier von dem Pepton resp. Propepton, Producten der Eiweissverdauung in Magen und Darm, nur als thatsächliches Ergebniss Schmidt-Mülheim'scher Untersuchungen erwähnt werden, dass im Blutserum von mit Pferdefleisch gefütterten Hunden 0,017—0,028 pCt. Pepton, in dem hungernder Hunde dieser Körper nicht gefunden wurde. Ferner konnten im Blute eines mit Fibrin gefütterten Schweines 4 Stunden nach der Mahlzeit grössere Mengen von Propepton nachgewiesen werden. Auch F. Hofmeister fand im Blute des Hundes Pepton, die grösste Menge etwa 7 Stunden nach der letzten Fütterung (0,055—0,114 pCt.), vor und nach dieser Zeit weniger; 120 Stunden danach war es ganz verschwunden. Dieser geringe Gehalt des Blutes an Pepton lässt nach Schmidt-Mülheim auf eine schnelle Umwandlung desselben in Eiweiss durch das Blut, nach Hofmeister auf dessen Fähigkeit schliessen, Pepton sehr schnell an die Gewebe etc. abzugeben; darauf weist besonders der Umstand, dass das Carotiden-Blut z. B. mehr Pepton enthält, als das Iugularen-Blut (s. auch unter farblose Blutzellen).

Es ist weiterhin von grossem Interesse für die Physiologie des

Stoffwechsels und der Ausscheidungsprocesse zu wissen, dass sich in dem Serum die Körper Kreatin, Harnsäure und Harnstoff und mitunter Guanin, Carbaminsäure (Drechsel) gelöst vorfinden. Die Quantität derselben ist jedenfalls im allgemeinen eine minimale, so von Kreatin nach Voit etwa 0,05—0,11 pCt. im Ochsenblute, und von Harnsäure nach Meissner 0,003 pCt. im Blute des Huhnes. Die Menge des Harnstoffes, von zahlreichen Untersuchern geprüft, scheint nicht unbeträchtlich zu schwanken. Gscheidlen giebt den höchsten Gehalt desselben auf 0,025 pCt. an, Picard (1881) fand im Blute des in gewöhnlicher Weise gefütterten Hundes 0,05—0,08 pCt.; kräftige Fleischnahrung steigerte den Gehalt (0,09—0,13 pCt.), 24 stündige Inanition liess ihn abnehmen (0,02—0,07 pCt.). Ja er wies weiterhin nach, dass das arterielle Blut immer mehr Harnstoff führt, als das venöse (im Durchschnitt einiger Versuche etwa 0,126 pCt. gegenüber 0,066 pCt.). Gréhant und Quinquaud erhielten davon etwas abweichende Resultate, indem sie in beiden Blutarten fast gleiche oder im venösen Blut eher grössere Mengen Harnstoffs beobachteten. Jedenfalls beträgt der Harnstoffgehalt des Nierenvenenblutes nur etwa $^1/_3$—$^1/_2$ desjenigen im Blute der Nierenarterie. Das Schweineblut soll 0,012—0,019 pCt. Harnstoff enthalten. Es ist wahrscheinlich, dass diese erheblichen Differenzen in den Angaben der verschiedenen Autoren auf differente, zum Theil vielleicht fehlerhafte Untersuchungsmethoden zurückzuführen sind, abgesehen davon, dass Qualität und Quantität der Nahrung, sowie die Grösse des Stoffwechsels einen hohen Einfluss darauf ausüben.

Das Vorhandensein der Hippursäure, welches von Verdeil und Dollfuss für das Rinderblut angegeben wurde, konnte bisher noch nicht bestätigt werden.

II. Von Kohlehydraten führt das Blutserum vor allem Traubenzucker. Am reichsten ist dieser im Lebervenenblute vertreten (z. B. des Hundes 0,196—0,284 pCt. Seegen 1887 und 0,11 pCt. Cl. Bernard); weniger schon findet sich im arteriellen Blute (in der Carotis z. B. 0,146 pCt. Seegen), noch mehr hat sein Gehalt im Venenblute anderer Körpertheile und Organe als der Leber abgenommen (0,05 pCt. im Blute der Ven. cav. inf. des Hundes); selbst das Pfortaderblut (0,131—0,155 pCt.) ist ärmer an Zucker als das Lebervenenblut, eine Differenz, die v. Mering nicht constatiren konnte. Viel grössere Quantitäten Zucker will Pavy im Blutserum gefunden haben, so in dem des Rindes 0,543 pCt., des Schafes 0,521 pCt. und des Hundes 0,787 pCt. Durch Aderlässe soll der Zuckergehalt des Blutes steigen. — Ausser Zucker wurden Glykogen (Pavy) und andere gährungsfähige, reducirende, wie auch nicht-gährungsfähige, reducirende Substanzen im Blute nachgewiesen (Otto, Seegen).

III. Fette und zwar die Neutralfette Stearin, Palmitin und Olein fehlen auch dem Blute des fastenden Thieres nicht. So fanden sich nach mehrtägigem Fasten im Blute des Hundes noch immer 0,5 bis 0,7 pCt.; nach Verabreichung fetthaltiger Nahrung steigt ihre Quantität

bis zu 1,25 pCt. (Röhrig); sie bilden dann reichliche Mengen kleinster das Serum event. milchig trübender Tröpfchen. Das Fett verlässt das Blut schnell wieder (Röhrig, Zawilski), oder es verfällt der Zerlegung in seine Componenten (Röhrig), weshalb auch fette Säuren (Palmitin- Stearin- und Oleinsäure) zu 0,05—0,12 pCt. (Hoppe-Seyler) an Alkali gebunden, besonders als saures stearinsaures Alkali darin gefunden wurden. — Auch Cholesterin, Lecithin und dessen Zersetzungsproduct Glycerinphosphorsäure sind in wechselnden Mengen Bestandtheile des Blutserums und Plasmas, wie nicht minder auch die Bernsteinsäure, welche Meissner im Blute von Pferd, Rind und Ziege nachwies. Fleisch- und Milchsäure geben Spiro und Gaglio, letzterer für das Hundeblut zu 0,017—0,054 pCt., für Herbivorenblut zu 0,081 pCt. an.

IV. Von Fermentkörpern ist durch Ellenberger das saccharificirende Ferment in geringen Mengen als ein constanter Bestandtheil des Blutes constatirt worden.

V. Die schon oben erwähnte, mehr oder weniger intensive Gelbfärbung des Blutserum resp. Plasma lässt schon vermuthen, dass auch Farbstoffe in demselben gelöst enthalten sind. Die Natur derselben ist noch nicht für alle jene, die daraus dargestellt werden konnten, festgestellt worden. Die Anwesenheit geringer Mengen von Haemoglobin aus zu Grunde gegangenen farbigen Blutzellen scheint Regel zu sein, für Pferde- und Kälberblut wiesen Hammarsten und Setschenow das Vorhandensein des in der Galle reichlich enthaltenen Bilirubin nach; letzterer Autor glaubt, dass dieses wie ein von ihm extrahirtes amorphes, goldgelbes Pigment an eine Eiweisssubstanz gekettet und dadurch löslich sei; Krukenberg isolirte mittelst des Amylalkohols etc. einen Farbstoff, der spektroskopisch die Absorptionsstreifen eines Lipochroms zeigt, deren Lage am meisten denen des Lutein Kühne's entspricht. Ausserdem wird von Setschenow noch ein röthlich-braunes Pigment angenommen.

B. Die **mineralischen Bestandtheile** des Blutplasma. Mit Rücksicht auf die Möglichkeit der Entstehung von Phosphorsäure und Schwefelsäure bei der Einäscherung des Blutplasma aus dem Phosphor des Lecithin und dem Schwefel des Eiweisses bietet die Bestimmung der Plasmasalze nicht unbedeutende Schwierigkeiten, die noch dadurch vermehrt werden, dass die neu entstehenden Säuren Umsetzungen in dem eigentlichen Salzbestande des Plasmas bedingen können. Andererseits wird bei Entfernung des Eiweisses vor der Einäscherung ein Theil der vorhandenen Salze mit den Eiweisskörpern niedergeschlagen und so dem Serum entzogen Das der Grund, weshalb gerade die Kenntnisse über die Art der Verbindungen, in welchen sich die sauren und basischen Körper im Plasma befinden, keineswegs vollkommen sind. Als feststehend darf etwa folgendes angenommen werden.

Die chemische Analyse ergiebt als anorganische Bestandtheile des Blutserums die Basen Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium, Ammoniak und Eisen, sowie die Säuren Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kohlensäure, Kieselsäure und die Halogene, Chlor und Fluor. Die

Gesammtmenge dieser Körper beläuft sich nach C. Schmidt, Bunge und Sertoli u. A. für Pferd, Rind und Schwein auf ca. 0,81—0,85 bis 0,88 pCt., nach Nasse und Poggiale für den Ochsen auf 0,87 pCt., die Kuh auf 0,99 pCt. und das Kalb auf 1,12 pCt.; nach Sertoli für den Hund auf 0,66 pCt.; es ist danach wahrscheinlich, dass dieselbe im Plasma die Grösse von 1 pCt. nicht übersteigt. Die überwiegende Menge dieser Aschenbestandtheile des Blutserums fällt dem Natrium zu, Kalium kann dagegen, ebenso wie Eisen ganz fehlen; Calcium und Magnesium sind nur in sehr geringer Quantität nachweisbar. Von den mit diesen basischen Körpern in Verbindung befindlichen Halogenen und Säuren steht quantitativ das Chlor obenan; in zweiter Linie erst folgt neben der Kohlensäure, die allerdings theilweis durch die bei der Einäscherung sich bildenden Säuren vertrieben wird, die Phosphorsäure; die Schwefelsäure, an sich zweifellos in Spuren nur im Serum enthalten, erscheint in manchen Analysen deshalb in reicherer Menge, weil das zur Einäscherung benutzte Blutserum nicht vorgängig seiner Eiweisskörper beraubt wurde. Kieselsäure fand Gmelin in minimalen Mengen im Serum des Rindes, und Fluor wird von Wilson und Niclès aufgeführt.

Ein interessanter Antagonismus scheint in der Vertheilung des Natrium und Kalium zwischen Blutflüssigkeit und Blutkörperchen und in dem Gehalte an Kohlensäure und Phosphorsäure zwischen Herbi- und Carnivoren zu bestehen.

Wie oben angedeutet, ist nämlich der Kalium- gegenüber dem Natriumgehalt des Blutserums ein verschwindend kleiner, während in den zelligen Gebilden des Blutes das umgekehrte Verhältniss bestehen soll. Man hat daraus auf ein gewisses Auswahlsvermögen der zelligen Bestandtheile für die Kaliumsalze schliessen wollen. Ob dies berechtigt, soll unter den chemischen Bestandtheilen der Blutzellen auseinandergesetzt werden.

Den Phosphorsäuregehalt im Blute der Herbi- resp. Carnivoren anlangend, so hat es nach einzelnen Untersuchungen den Anschein, dass derselbe bei den Pflanzenfressern geringer ist als bei den Fleischfressern; so soll er nach Sertoli beim Rinde 0,005 pCt., nach Mroczkowski beim Kalbe nur 0,002 pCt., beim Hunde dagegen nach Pribram 0,01—0,012 pCt. und nach Mroczkowski 0,0083 pCt. in Form des Dinatriumphosphat betragen. Man führt darauf sogar die grössere Alkalescenz des Pflanzenfresserblutes gegenüber dem des Fleischfressers zurück. Indess die Acten scheinen gerade darüber noch nicht abgeschlossen, insofern z. B. auch für das Blutserum des Schafes ein Gehalt von 0,0064—0,0092 pCt. (Mroczkowski) gefunden wurde, ein Gehalt also, der den des Hundeblutserums eventuell übersteigt.

Als chemische Verbindungen zwischen den oben genannten basischen und sauren Körpern ist analytisch direct nachweisbar das Kochsalz, Chlornatrium. Bei der Einengung des Serum sich schon krystallinisch ausscheidend, zeigt es in seiner Menge eine auffallende Constanz, die es sich selbst bei verschiedenen Thierspecies auf einer Concentration von 0,5—0,6 pCt. erhalten lässt. Daran vermag sogar Cl-fr-Nahrung nicht wesentlich viel zu ändern; denn während des Kochsalzhungers sinkt zwar anfangs der Cl-Gehalt des Blutes, bald aber ergänzt sich derselbe durch Uebertritt von Chloriden aus den Geweben in das

Blut, während dessen Kochsalz-Abgabe an den Harn wesentlich zurückgeht (Schenk). Umgekehrt entledigt sich das Blut künstlich eingeführter Salzmengen und so auch des Chlornatriums sehr bald durch Ausscheidung in die Gewebe und dafür erfolgende Wasseraufnahme, wie durch Ueberlieferung an den Harn; mittelst dieses wird schliesslich auch das überschüssige Gewebssalz nach allmäliger Wiederaufnahme ins Blut excernirt (Klikowicz).

Durch die Dialyse gelang es weiter, dem Blute Natriumcarbonat ($Na_2 CO_3$) und Natriumbicarbonat ($NaH CO_3$) zu entziehen; von beiden Carbonaten reagirt das erstere stärker, das letztere schwächer alkalisch. Nach obiger Bemerkung dürften dieselben im Blute des Pflanzenfressers reichlicher enthalten sein, als im Blute des Fleischfressers. Diesem kommt offenbar eine grössere Menge des ebenfalls, wenn auch schwächer, alkalisch reagirenden Dinatriumhydrophosphat ($Na_2 H PO_4$) zu, ein Grund vielleicht der etwas schwächer alkalischen Reaction des Carnivoren-Blutes, für welche an sich alle drei Körper mit Rücksicht auf ihre Basicität in Anspruch genommen werden müssen. Die beiden letztangeführten Salze enthalten je noch eine Hydroxylgruppe; sie vermögen in Folge dessen auch noch je ein Atom einer einwerthigen Basis zu binden und damit andere Salze zu zersetzen resp. Säuren frei zu machen (Maly). Andererseits ist es nicht ausgeschlossen, dass sie unter Umständen von ihrer Basis einen Theil an eine Säure z. B. Kohlensäure abgeben (Fernet) und dadurch selbst dissociiren (s. auch unter Blutgase).

Neben jenen Salzen müssen endlich Calciumphosphat und Chlorcalcium nach Pribram als Bestandtheile des Blutserums vermuthet werden. Ueber andere chemische Verbindungen liegen keine sicheren Anhaltspunkte vor, wenn auch allerhand Combinationen zwischen den obengenannten sauren und basischen Körpern denkbar sind. Insbesondere supponirt man eine leichtzersetzliche Ammoniakverbindung im Blutplasma (Kühne u. A.).

II. Die körperlichen Bestandtheile des Blutes.

Die morphologischen und biologischen Eigenschaften der Zellen des Blutes wurden bereits in dem histologischen Theile dieses Werkes Seite 130 ff. abgehandelt. Es sollen deshalb auch hier nur die physiologisch bedeutungsvollen Punkte recapitulirt und diesen die chemischen Qualitäten der Blutkörperchen angefügt werden.

A. **Rothe Blutkörperchen** (Erythrocyten). Die den wichtigsten und gleichzeitig reichsten Bestandtheil unter den körperlichen Elementen ausmachenden farbigen Blutzellen bilden die bekannten biconcaven, kernlosen, kreisrunden Scheiben von beim Pferde 5,8 μ, beim Rinde 5,6 μ, beim Schafe 5 μ, bei der Ziege 4,1 μ, beim Hunde 7,3 μ und bei der Katze 6,5 μ grösstem Durchmesser. Sie haben dabei eine Dicke von beim Pferde 2,16 μ im isolirten Zustande, von 1,6 μ dagegen bei seitlicher Compression in der Geldrolle, an der breitesten Stelle; das

ergiebt für die einzelne Blutzelle des Pferdes eine Oberfläche von circa 0,0000922 *qmm* für das als cylindrische Scheibe mit ebenen Endflächen und scharfem Rande gedachte Körperchen oder eine Oberfläche von 0,000085 *qmm*, wenn man dieser Berechnung die Annahme Welcker's zu Grunde legt, dass die Abrundung des Randes trotz der mit der beiderseitigen Vertiefung einhergehenden Flächenvermehrung doch noch eine Flächenabnahme von ca. 7,6 pCt. = $^1/_{13}$ am Cylinder veranlasse. Der Cubikinhalt des Cylinders von 5,8 μ Durchmesser und 2,16 μ Höhe würde ferner 0,000 000 057 *cmm* betragen, derjenige einer concaven Scheibe aber von der Form des Blutkörperchens durch die nach Welcker von dieser Form bedingte Verminderung ihres Volums um 19—20 pCt. nur noch 0,000 000 046 *cmm*. Durch Multiplication der mittleren Blutkörperchenzahl mit der letztgenannten Grösse erhält man als Volum der gesammten Blutzellen in 1 *cmm* die Grösse von 0,332 *cmm*; die Blutkörperchen machen also $^1/_3$ des ganzen Blutvolumens aus. Diese Zahl wurde auf anderem Wege auch von Sacharjin nach der Hoppe-Seyler'schen Methode der Blutgewichtsbestimmung gefunden; nach ihr sollen in 1000 Gewichtstheilen Blut 354 Gewichtstheile, d. h. 320—325 Volumtheile von den feuchten Blutkörperchen in Anspruch genommen werden.

Diese Zahlen, an sich viel zu minimal, um eine richtige Vorstellung von der Grösse der fraglichen Gebilde zu erlauben, sind doch erforderlich zur Bestimmung der Gesammtoberfläche der Blutzellen. Es bedaıf dazu aber vor allem auch der Kenntniss der Menge der in der Bluteinheit enthaltenen Zellen.

Die **Zahl der rothen Blutkörperchen** von zahlreichen Forschern, wie Vierordt, Stölzing, Malassez, Worm-Müller u. A. bei Thieren geprüft, beläuft sich je für 1 *cmm* Ochsenblut auf 5 073 000, für Kalbsblut auf 5 123 000, für Ziegenblut auf 9 000 000—10 000 000, für Schweineblut auf 5 441 000, für Hundeblut auf 4 092 000—5 644 000 (—9 638 000, Worm-Müller); für das Blut des Pferdes fand ich in 1 *cmm* 6 500 000 bis 8 000 000, durchschnittlich 7 212 500 farbige Zellen.

Der Gehalt an diesen Elementen unterliegt gewissen Schwankungen; jugendliche Individuen führen grössere Mengen als ältere; bei Kaninchen, Ratten und Meerschweinchen beobachtete z. B. Malassez ein Steigen des Blutkörperchengehaltes bis zur 3. und 4. Woche, danach ein Sinken unter die ursprüngliche Menge; das Blut des Lammes soll nicht weniger denn 13 000 000—14 000 000 in Kubikmillimeter enthalten. Auch das Geschlecht übt seinen Einfluss aus; das Weib z. B. ist an Blutkörperchen ärmer als der Mann (4,5 Mill. gegenüber 5 Mill.); bei der Stute zählte ich 6 650 000, beim Wallachen 7 780 000 Stück. Reichlichere Mengen von Blutzellen sollen sich ferner finden im Blute hungernder und mit fester Nahrung gefütterter Thiere, bei grossen Wasserverlusten und im venösen Blute; geringere Quantitäten wurden im Blute der Lebervenen, in demjenigen trächtiger Thiere und während der ersten Stadien des embryonalen Lebens nachgewiesen. Nicolaides fand so im Lebervenenblute des Hundes, Kaninchens und der Katze ein Minus von 780 000 bis 2 000 000 Zellen für den Kubikmillimeter. Cohnstein zählte bei nichtträchtigen Schafen 12 000 000, bei trächtigen dagegen nur 9 742 222 Blutkörperchen in 1 *cmm*,

die aber beträchtlich grösser (6,3 μ gegenüber 4,9 μ) sein sollten, so dass damit die durch die Zahlabnahme scheinbar bedingte Flächen- und Volumabnahme wieder reichlich gedeckt wird.

Die **Zählung** einer so grossen Quantität mikroskopischer Gebilde in so beschränktem Raume begegnet erheblichen Schwierigkeiten. Man war deshalb genöthigt, zur Verdünnung eines bestimmten Volumens Blut mit bekannter Menge einer gleichzeitig die Gerinnung verhindernden Flüssigkeit und Abzählung der in einem bekannten Bruchtheile dieser Mischung oder der in einem mit derselben gefüllten Capillarraume enthaltenen Zellen zu greifen. So haben Vierordt, Welcker, Stölzing, Cramer, Manasseïn, Malassez und zahlreiche andere Forscher gezählt.

Hier kann nur der trefflichen Vorrichtung von Malassez in der Ausführung von Thoma und Zeiss gedacht werden. Danach wird mittelst eines sog. Schüttelmischers (s. Fig. 1 A), das bis zu der Marke 1 aus einer Stichwunde etwa in der Lippe

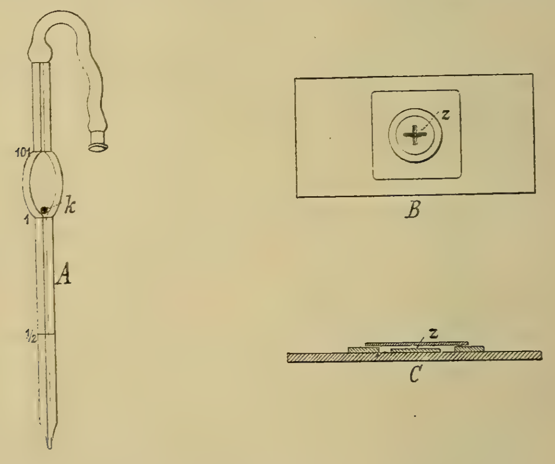


Fig. 1 Der Blutkörperchen-Zählapparat von Abbé-Zeiss.
A der Schüttelmischer mit *k* der Glaskugel. *B* der Objectträger auf der quadrirten Zählkammer *z* in Flächenansicht. *C* der Objectträger mit der Zählkammer *z* im senkrechten Durchschnitt.

unserer Thiere aufgesogene Blut mit dem 99fachen Volumen einer 3 pCt. Chlornatriumlösung verdünnt und damit die Marke 101 erreicht. Die in der bauchigen Erweiterung des «Melangeur« enthaltene kleine Glaskugel vertheilt bei schüttelnder Bewegung die Blutzellen gleichmässig in der Zusatzflüssigkeit. Von dieser Mischung wird ein kleines Tröpfchen unter ständigem Schütteln auf den als Zählkammer eingerichteten Objectträger (Fig. 1 B) gegeben. Diese letztere beherbergt in ihrem Grunde ein sorgfältig quadrirtes Feld, dessen einzelnes Quadrat $^1/_{400}$ *qmm* misst; durch den Rahmen der Zählkammer wird das darüber zu deckende, sauber gereinigte Deckglas in 0,1 *mm* Abstand vom Kammergrunde getragen, so dass der über einem jeden Quadrate gelegene Raum $^1/_{4000}$ *cmm* Inhalt hat. Wenn die nach der Sedimentirung vorgenommene Zählung alsdann in 200 Quadraten, z. B. 3500 farbige Blutzellen ergiebt, so sind in 1 *cmm* Blut $\frac{3500 \cdot 100 \cdot 4000}{200} = 7\,000\,000$ Blutkörperchen enthalten.

Unter Benutzung der obigen Maasse und Zahlen ergiebt sich für die Gesammtheit der Blutkörperchen, z. B. eines Pferdes von 450 *kg* Gewicht, dessen Blutmenge sich etwa auf 30 *kg* = 28,3 *l* = 28 300 000 *ccm* beläuft, eine Gesammtzahl von 204 113 750 000 000; diese bieten eine Gesammtoberfläche von ca. 17 350 *qm* (14 000 *qm*, Chauveau), also von einem quadratischen Felde dar, dessen Seitenlänge etwa 132 *m* beträgt. — Die Richtigkeit der Volkmann'schen Berechnungen für die Grösse der Ventrikelcapacität auf $^1/_{4000}$ des Körpergewichtes vorausgesetzt, so berechnet sich ferner, dass beim Pferde in der Minute 42 400 *ccm* Blut, in der Secunde aber 707 *ccm* Blut die Lunge passiren; das Blut bietet somit der Luft behufs seiner Erfrischung in stetigem Wechsel eine Oberfläche von 433,5 *qm* d. i. die Fläche eines quadratischen Feldes von 21 *m* Seitenlänge in der Secunde dar.

Die Grösse der Blutkörperchen scheint keine ganz constante zu sein; schon der verschiedene Gasgehalt veranlasst Vergrösserung (O) und Verkleinerung (CO_2) des Volumens. Erstere bewirken auch Kälte, Chinin, Blausäure, Blutwässrigkeit etc., letztere dagegen vermehrte Blutwärme, Morphin, Hunger etc. (Manasseïn).

Von Wichtigkeit ist für das unbehinderte Vorwärtskommen der rothen Blutkörperchen ihr hoher Grad von Biegsamkeit, Weichheit und Elasticität. Sie werden dadurch befähigt, durch sehr enge Röhren zu gleiten, auf den Scheitel sich theilender Blutgefässe aufstossend, ohne Schädigung zu reiten, und dann in die eine oder andere Bahn schliesslich hineingerissen ihre alte Form wieder anzunehmen etc. Ihr specifisches Gewicht beträgt 1088 (C. Schmid) oder 1100 (Welcker) und ist somit erheblich höher als das des Plasmas.

Die **chemischen Bestandtheile der rothen Blutkörperchen.** 1. Als der physiologisch interessanteste Bestandtheil findet sich in den farbigen Blutzellen (nebenher auch in dem Muskelgewebe und spurweis im Blutplasma, sowie dem Blute einiger Avertebraten) der Blutfarbstoff, **Haemoglobin**, Haematoglobulin, Haematokrystallin (abgekürzt Hb). Er kommt im Blute in zwei Modificationen vor; das arterielle Blut enthält ihn nur in seiner Verbindung mit O als Oxyhaemoglobin, das venöse dagegen zum Theil auch als O-freies oder reducirtes Hamoglobin. Ueber die Form seines Auftretens in den Blutkörperchen gehen die Anschauungen auseinander; die früheren Autoren liessen ihn als wässrige Lösung in dieselben aufgenommen, quasi aufgesogen sein; neuerdings machen sich mehr und mehr Stimmen dafür geltend, dass der Farbstoff entweder mit dem Lecithin der Blutzellen in lockerer chemischer Verbindung sich befinde (Hoppe-Seyler), oder dass eine Alkaliverbindung des Oxyhaemoglobins in jenen enthalten sei, oder dass, wie Preyer glaubt, eigenartige Kräfte der Zellen den Farbstoff in amorphem Zustande darin fixiren; nur sehr selten soll er in krystallinischer Form in den Blutkörperchen erscheinen. Das Hb ist ein Fe-h Eiweissabkömmling, über dessen Molecularstructur nur sehr mangelhafte Kenntnisse vorliegen. Sicherere Anhaltspunkte haben die mannigfachsten Untersuchungen für die übrigen Eigenschaften beschafft, und es ist

daraus für Hoppe-Seyler sogar wahrscheinlich, dass nicht bei allen Thierspecies und Gattungen der Farbstoff derselbe ist, sondern dass sich nach Krystallform, Löslichkeit, Zusammensetzung etc. verschiedene Haemoglobine unterscheiden lassen. Trotzdem ist es Usus geworden, von einem Haemoglobin zu sprechen, weil für die gleiche Thierart das Hb immer das gleiche ist.

a) Das Oxyhaemoglobin, O-Hb, die Verbindung des Hb mit O, entsteht schon durch den einfachen Contact der Lösung O-freien Haemo-

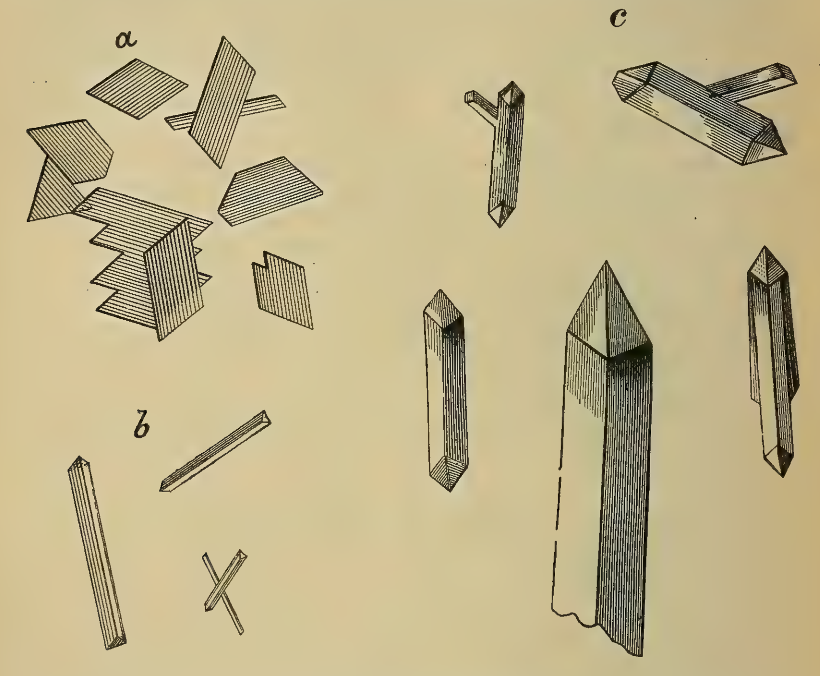


Fig. 2. Haemoglobinkrystalle aus Pferdeblut (*a*), Hundeblut (*b*) und Ochsenblut (*c*), durch Extraction mit Aether hergestellt.

globins mit atmosphärischer Luft, damit auch in der Lunge und überall dort, wo das genannte Gas nur vermittelst dünner durchlässiger Scheidewände von dem Blute getrennt ist (Haut, Darm etc.). Dasselbe bildet, den Blutkörperchen entzogen und in geeigneter Weise behandelt, mikroskopische helle oder orangerothe Krystalle, die sog. Blutkrystalle, die meist dem rhombischen Systeme angehören. Beim Pferde, Rinde, Hunde, der Katze, den Fischen etc. erscheinen dieselben als rhombische Prismen, bei der Gans, häufig auch beim Pferde, als Tafeln, beim Meerschweinchen und der Ratte als halbe Pyramiden, sog. Tetraëder. Dem hexagonalen Systeme gehören in Form von Tafeln die Blutkrystalle des Eichhörnchens, dem regulären als Würfel die der Truthühner an.

Methoden der Darstellung: Als zufällige Befunde zuerst von Hünefeld 1840, dann von Reichert 1847 gesehen, lernte man (Funke 1851, Kunde 1852,

Teichmann 1853 u. A.) die Blutkrystalle später künstlich aus dem Blute darstellen. Zahlreiche Methoden sind in der Zeit für diesen Zweck beschrieben worden. Hier können nur die einfachsten und practisch am meisten verwerthbaren Platz finden. Am ehesten eignet sich für die Herstellung das Blut vom Menschen, Hund, Pferd, Katze, schwer gelingt die Krystallisation des Rinder- und Schweineblutes. Die für die mikroskopische Untersuchung geeignetsten Präparate erhält man (Bernstein 1866) aus dem Krystallbrei, welcher sich an der Oberfläche des in offener Schale aufgestellten, vorher mit Aether geschüttelten, defibrinirten Blutes vom Hunde, Kaninchen oder auch Pferde bildet. v. Stein, Smrecker und Zoth erzielen neuestens (1885) das gleiche durch Einschliessen von Blut, das zweckmässig vorher durch Stehenlassen in der Kälte geschichtet wurde, mit Canadabalsam; v. Stein empfiehlt behufs dessen ein nicht zu dickes, eben eintrocknendes Tröpfchen Blut zunächst mit (womöglich nicht gelöstem, aber nicht zu dickflüssigem) Canadabalsam zu umrahmen und dann damit zu überdecken; nach mehrtägigem offenen Stehenlassen wird die Oberfläche dieser Mischung mit einem mit Aether befeuchteten Messer abgestreift, mit dem Deckglas bedeckt und dieses zur Verhinderung allzu starrer Austrocknung umrandet. Grössere Mengen von OHb-Krystallen stellt Hoppe-Seyler wie folgt dar: er setzt behufs Sedimentirung der farbigen Blutzellen defibrinirtem Blute 5—10 Vol. 4 pCt. Chlornatriumlösung zu, mischt den Körperchen ein wenig Wasser und kalten Aether im Ueberschuss bei, versetzt danach die bei 0° schnell filtrirte dunkelrothe Lösung mit $^1/_4$ ihres Volumens unter 0° abgekühlten Alkohols und lässt die Mischung bei −5° bis −10° mehrere Stunden lang stehen; der auf diese Weise erhaltene Krystallbrei kann abfiltrirt, in Wasser von 20—30° gelöst, auf 0° abgekühlt und durch Fällung mit abgekühltem Alkohol und Stehenlassen bei mehreren Graden unter 0 umkrystallisirt und gereinigt werden. Gscheidlen endlich benutzt die die Krystallisation so wesentlich fördernde Fäulniss, indem er 24 Stunden an der Luft gestanden habendes Blut in Glasröhren mit etwas Luft einschmilzt und mehrere Tage bei 37° im Thermostaten belässt. Das auf Glasplatten ausgegossene Blut lässt 3—5 *cm* lange Krystalle anschiessen. — Spontane Krystallbildung aus verdunstendem Blute kann wohl überall erwartet werden, wo vorgängig eine Zersetzung der Blutzellen stattgefunden hat; thatsächlich wurde sie von Siedamgrotzky und Hofmeister in liegen bleibenden Präparaten von Blut bei Pferdetyphus, Icterus und Septikaemie der Hunde beobachtet.

Die OHb-Krystalle sind doppellichtbrechend und in ihren Lösungen in Wasser oder verdünnten Alkalien dichroïtisch; in auffallendem Lichte roth, zeigen sich diese in durchfallendem Lichte gelblich-grün, daher denn auch das einzelne Blutkörperchen im Mikroskope betrachtet nicht roth, sondern gelblich-grün erscheint. Auch zu einzelnen Lichtsorten des Sonnenspektrums haben sie eigenthümliche Beziehungen; concentrirte Lösungen nämlich lassen nur das rothe Licht hindurchtreten, verdünnte Lösungen erzeugen selbst noch bei hochgradiger Verdünnung (1 : 10 000) zwei dunkle Absorptionsstreifen zwischen den Fraunhofer'schen Linien D und E im gelben resp. grünen Lichte; von beiden ist der der Linie D näher liegende schmäler und schärfer begrenzt, derjenige bei Linie E dagegen breiter und weniger scharf abgesetzt (Hoppe-Seyler 1862); ein dritter Absorptionsstreifen bei der Linie h kommt erst nach Betrachtung nur des violetten Endes des Spektrums mittelst eines blauen Glases vor dem Oculare des Spektroskopes zum Vorschein (Soret).

Die Deutlichkeit der erst geschilderten 2 Absorptionsstreifen ist wesentlich von dem Procentgehalte der Haemoglobin-Lösung abhängig. Während 0,003—0,100 pCt. Lösungen nur noch den Streifen bei Linie D deutlicher erkennen lassen, fliessen die beiden Streifen in 0,65 pCt. Lösungen von 1 *cm* Dicke bereits zusammen und bilden ein breites Absorptionsfeld, an dessen eines Ende das rothe und orangefarbige, an dessen anderes das grüne Licht anschliesst, während das violette stark verdunkelt ist; 0,8—0,9 pCt. Lösungen lassen schliesslich auch den schmalen Streifen grünen Lichtes verschwinden, sodass nur noch das rothe Licht verbleibt.

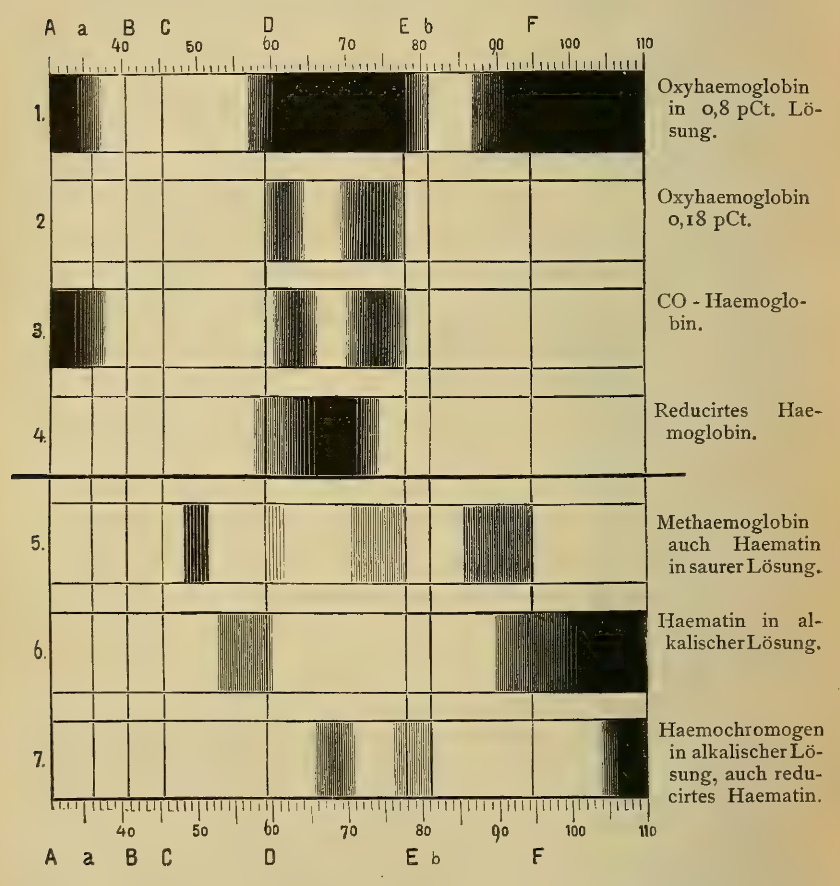


Fig. 3. Absorptionsspektra des Haemoglobins nach Landois, Lehrbuch der Physiologie des Menschen.

Das geschilderte spektroskopische Verhalten der OHb-Lösungen gewährt uns auch die Möglichkeit des Nachweises von dem Vorhandensein des genannten Körpers in dem in den Gefässen strömenden Blute. Durchscheinende Theile des Körpers, wie die Spalte zwischen zwei an einandergelegten Fingern, geben, vor den Spalt des Spektroskopes gehalten und von directem Sonnenlichte beleuchtet, die dem OHb eigen-

artigen Absorptionsstreifen (Vierordt). Auch für die forensische Praxis ist das spektroskopische Verhalten des OHb sehr bedeutungsvoll; das Auftreten der beiden Absorptionsstreifen giebt uns das Mittel zur Entscheidung über die Natur verdächtiger Flecken als Blutflecken auch für die kleinsten Quantitäten an die Hand. Die genannte Eigenschaft theilt mit dem Oxyhämoglobin nur noch ein Farbstoff, der nur in den Händen des Mikroskopikers erwartet werden kann, nämlich das pikrocarminsaure Ammonium (Pikrocarmin)*).

Die chemischen Eigenschaften der Oxyhaemoglobine anlangend, sei bemerkt, dass dieselben sehr complicirt zusammengesetzte Verbindungen der 6 Elemente C, H, N, O, S und Fe sind; die moleculare Zusammenfügung derselben ist noch nicht bekannt, nur ihrem Procentgehalt nach kennen wir sie, wie dies die folgende Tabelle erläutert:

	Pferd (Bücheler)	Pferd (Kosel)	Hund (Hoppe-Seyler)	Hund (C. Schmidt)	Schwein (Otto)
C . . .	54,48	54,87	53,85	54,15	54,17
H . . .	7,20	6,97	7,32	7,18	7,38
N . . .	17,6	17,31	16,17	16,33	16,23
O . . .	19,7	19,73	21,84	21,24	21,13
S . . .	0,65	0,65	0,39	0,67	0,66
Fe . . .	0,47	0,47	0,43	0,43	0,43

Zinoffsky giebt dem Hb des Pferdes die Formel $C_{712} H_{1130} N_{214} S_2 Fe O_{245}$. Bei der Krystallisation nimmt das O-Hb 3—4 pCt. Krystallwasser auf und erfährt scheinbar innere Veränderungen, insofern als es dadurch diffusionsfähig wird und $H_2 O_2$, das es im nicht krystallisirten Blute zu zerlegen vermag, nicht mehr zersetzt. Im Uebrigen besitzt es saure und basische Affinitäten; seine saure Natur kann man durch die Reaction auf Lakmuspapier (Preyer) und durch Ausscheidung seiner Krystalle am positiven Pole bei der Elektrolyse (A. Schmidt und Rollett) nachweisen; seine basische Natur wird durch das Bindungsvermögen für CO_2 bekundet. Dem Ozon gegenüber spielt es die Rolle des »Ueberträgers« nicht »Erregers« (s. auch Blutgase), es veranlasst deshalb in einem Tröpfchen Blut altem Terpentinöl zugesetzt sofort tiefblaue Färbung des als Reagens auf Ozon dienenden Guajac-Spiritus (Schönbein, His).

Physiologisch wird das Oxyhaemoglobin vor allem ausserordentlich bedeutungsvoll durch die geringe Festigkeit, die die O-Verbindung des Hb einmal sehr leicht entstehen und dann auch wieder sich trennen, dissociiren lässt. Das mit O gesättigte Hb enthält auf 100 *g* etwa 0,2445 *g* = 171 *ccm* O, vorausgesetzt, dass dasselbe nach vorheriger vollkommener Reduction mit O bei 0° und

*) Für den einfachen Nachweis des Hb in Lösungen mittelst des Spektroskopes genügt das schon um den Preis von 24 Mk. bei dem Universitätsmechaniker Gerhardt in Bonn zu beschaffende Browning'sche Taschen- und Miniaturspektroskop (Spektroskop mit gerader Durchsicht).

760 *mm* Hg-Druck in Berührung trat (Preyer). Auch die Methode der Austreibung des O durch CO, wie sie von Dybkowski und Hüfner vorgenommen wurde, ergab, dass das O-Bindungsvermögen des Hb sich bei O° und 1 *m* Hg-Druck auf 121 *ccm* oder bei O° und 760 *mm* Druck auf 159,2 *ccm* für 100 *g* beläuft; für das Pferd wurde von Bücheler eine ähnliche O-Menge durch Verdrängung aus dem O-Hb erhalten, seine Mittelzahl lautet 139 *ccm* O auf 100 *g* Hb für O° und 1 *m* Druck. Hoppe-Seyler vermuthet, dass dieser Gehalt abtrennbaren O in einem bestimmten Aequivalentverhältniss zum Fe des OHb steht; danach enthielte dasselbe auf 1 Atom Fe 2 Atome O, d. h. in 100 *g* Oxyhaemoglobin mit 0,42 *g* Fe befänden sich 0,24 *g* O in lockerer chemischer Verbindung. Nach Setschenow ist die im O-Hb enthaltene O-Menge auch bei Entstehung der Verbindung unter der Wirkung eines um das vielfache niedrigeren O-Druckes und höherer Temperatur eine kaum merklich geringere; bei 38° C. und einem Partialdruck des O von 64 *mm* Hg wurden auf 100 *g* Hb nur etwa 0.5 *cc* O weniger gebunden als bei 15° C. und 760 *mm* Druck. Dagegen findet nach Worm-Müller die Dissociation statt, sobald die O-Spannung unter 20 *mm* Hg herabsinkt; dieses Verhältniss liegt, so darf man annehmen, da die serösen Transsudate, Gewebsflüssigkeiten, Lymphe etc. nur Spuren von O an das Vacuum abgeben (Ewald u. A.), in den Geweben vor, und damit wird es zur Ursache des O-Uebertrittes an diese. Unter der Luftpumpe endlich wird aller O des O-Hb abgegeben, und damit dasselbe ebenso wie durch reducirende Substanzen wie Ammoniumsulfid, Durchleiten von CO_2, N oder H, ferner durch Kochen in reducirtes, sauerstofffreies Haemoglobin übergeführt.

b) Reducirtes oder gasfreies Haemoglobin. Entgegen der früheren Annahme, die dasselbe einen amorphen Körper sein liess, haben Kühne, Gscheidlen, Hüfner und zuletzt Nencki und Sieber seine Krystallisationsfähigkeit kennen gelehrt; die letzteren schildern die doppeltbrechenden Krystalle als schöne, glitzernde sechsseitige Tafeln von 2—3 *mm* Grösse und als Prismen, die ebenfalls pleochromatisch sind, insofern als die gröberen Tafeln wie die concentrirten Lösungen dunkelkirsch- oder violettroth, die kleineren Tafeln und verdünnten Lösungen bei durchfallendem Lichte grünlich erscheinen. Auch im Sonnenspektrum erweisen sie sich characteristisch. Lösungen erzeugen nämlich neben einer stärkeren Verdunkelung des Roth und schwächeren Absorption des Blau einen je nach der Concentration mehr oder weniger breiten Absorptionsstreifen im gelben und grünen Lichte zwischen den Fraunhofer'schen Linien D und E, der etwa dem Raume zwischen den beiden Absorptionsstreifen des Oxyhaemoglobins entspricht (Stokes'scher Streifen). Die aus faulenden O-Hb-Lösungen bei Luftabschluss durch Alkoholzusatz extrahirbaren und aus der alkoholischen, stark abgekühlten Lösung unter Luftabschluss auskrystallisirenden Krystalle sind äusserst empfindlich; schon bei Zimmertemperatur zerfliessen sie, um bei Luftcontact in Oxyhaemoglobin überzugehen. Reducirtes Haemoglobin

findet sich im venösen Blute immer vor, ja man kann sogar spektroskopisch seine Bildung nach Umschnürung der Finger beobachten, da mit zunehmender Venosität des stagnirenden Blutes an die Stelle der Oxyhaemoglobin-Streifen der einfache Streifen des O-fr Hb tritt.

Eine das Oxyhaemoglobin zersetzende Wirkung äussern ferner auch solche Agentien, welche zu dem Haemoglobin einen Affinitätsgrad besitzen, der sie mit demselben in Verbindung treten lässt. Sie können je nach der Festigkeit dieser Verbindung eine das Leben selbst gefährdende Wirkung äussern; von practischem Interesse sind in dieser Beziehung:

Das Kohlenoxyd-Haemoglobin, CO-Hb. Das Kohlenoxydgas verdrängt den O des O-Hb, um mit dem Hb in demselben Volumverhältnisse, wie der O austritt, sich zu verbinden; seine grosse Verwandtschaft zum Hb leuchtet ganz besonders aus der Thatsache ein, dass wenn die Luft eine Menge von 0,2 pCt. CO enthält, d. h. wenn der Partialdruck dieses Gases 100 Mal kleiner ist, als der des O, das Blut doch fast gleich viel von beiden Gasen bindet. Die Verbindung bildet die gleichen Krystalle wie das O-Hb, hat aber in der Lösung eine mehr bläulichrothe Färbung. Ihre grössere Festigkeit documentirt sie durch schwerere Zersetzbarkeit beim Evacuiren und Durchleiten indifferenter Gase; nur NO veranlasst schnell eine Austreibung des CO unter Bildung von Stickoxydhaemoglobin (Hermann). Im Sonnenspektrum erzeugt es zwei Absorptionsstreifen zwischen D und E, die nur ein wenig weiter gegen E verschoben sind, als die des O-Hb, die aber im Gegensatz zu diesen bei Anwendung reducirender Substanzen Bestand haben.

Kohlemonoxyd ist ein zu 12—18 pCt. im Leuchtgas und je nach der grösseren oder geringeren Unvollkommenheit der Verbrennung der Kohle im Kohlendampf enthaltener Bestandtheil dieser Gasgemische. Es wird dadurch eventuell zu einer gefahrbringenden Beimengung der Athmungsluft und hat in Folge Ausströmens aus der Gasleitung oder bei Abschluss der Ofenklappen nicht selten schon Vergiftungen hervorgerufen. Bereits ein Gehalt von 0,1—0,25 Vol.-pCt in der Athmungsluft lässt es bei längerer Einathmung solcher zur Bildung gefährlicher Mengen Kohleoxydhaemoglobins kommen; ein grösserer Procentsatz tödtet schneller.

Das Stickoxyd-Haemoglobin, NO-Hb, das Product der Durchleitung von NO durch Lösungen von reducirtem und Kohleoxydhaemoglobin, stellt eine noch innigere Verbindung des Hb dar, als das CO-Hb; es erzeugt fast die gleichen Absorptionsstreifen wie das O-Hb, dieselben verschwinden indess bei Einwirkung reducirender Substanzen nicht.

Cyanwasserstoffoxyhaemoglobin, eine dem O-Hb in Krystallform und spektroskopischem Verhalten durchaus gleichende Verbindung des Oxyhaemoglobins mit Blausäure bildet sich bei der Blausäurevergiftung als eine den O nicht mehr an die Gewebe abgebende Substanz. Sie tödtet deshalb durch O-Entziehung, also durch Erstickung. Der Verlust jener Eigenschaft, O zu entbinden, wird auch durch den Mangel der dem O-Hb zukommenden katalytischen Eigenschaft für H_2O_2 bestätigt; sie vermag nämlich diesen Körper nicht mehr in H_2O und O_2 zu zerlegen, sondern zerfällt unter der Wirkung desselben selbst in Cyanhaematin und Eiweissstoff (Hoppe-Seyler).

Zersetzungsproducte des Haemoglobin. Weit mehr eingreifende Veränderungen in den physiologischen Verbindungen des Haemoglobin als die bisher genannten Agentien veranlassen Körper wie die oxydirenden Substanzen, die organischen und anorganischen Säuren, die Aetzalkalien, die Eiweissfällungsmittel etc.

Unter der Wirkung der ersteren Körper, z. B. des Ozon, der übermangan- und salpetrigsauren Salze bildet sich das Oxyhaemoglobin in Methaemoglobin um. Im Vergleich zum O-Hb nach Jaederholm ein Hyper-, nach Hoppe-Seyler ein Hypooxyd des Hb, stellt es eine jedenfalls nur viel festere O-Verbindung des Hb als das O-Hb, aber mit gleichem O-Gehalt wie dieses dar, deren Krystalle in Wasser mit brauner, in Alkalien mit prächtig rother Farbe löslich sind (Hüfner und Otto). Bei der Behandlung mit Schwefelammonium unter Ausschluss der atmosphärischen Luft geht es, wie das Spektroskop lehrt, ohne die O-Hb-Streifen zu geben, sofort in reducirtes Hb über. Im Uebrigen kommt seine Zusammensetzung derjenigen des O-Hb sehr nahe. Eine dem Methaemoglobin sehr ähnliche Verbindung des Hb entsteht bei der Behandlung reiner Oxyhaemoglobin-Lösungen mit SH_2. Hoppe-Seyler nennt sie Schwefelmethaemoglobin, kann aber über ihre Zusammensetzung keine nähere Auskunft geben; er vermuthet in ihr den faulendes Fleisch an der Oberfläche grün färbenden Körper, der sich auch im Blute der Kaltblüter bei SH_2-Einathmung bilden soll, während das genannte Gas Warmblüter schon tödtet, noch bevor das Schwefelmethaemoglobin nachweisbar wird.

Längeres Stehenlassen von Oxyhaemoglobin unter Alkohol führt dieses in eine in Wasser unlösliche Modification des Hb über, das Parahaemoglobin (Nencki und Sieber), das in seiner Zusammensetzung dem O-Hb gleicht. Säuren, Alkalien und die Eiweissfällungsmittel (Alkohol, Erhitzung der Lösung von Hb auf 100° unter Abwesenheit von O) spalten aus dem Haemoglobin und seinen Modificationen das Haemochromogen (Hoppe-Seyler, reducirtes Haematin Stokes) ab. Der ein eigenartiges Absorptionsspektrum (scharfe, dunkle Linie mitten zwischen D und E, weniger scharf begrenzter schwächerer Streifen auf E und b) erzeugende noch Fe-h-Körper zerfällt bei Abwesenheit von O in den weniger empfindlichen Farbstoff Haematoporphyrin ($C_{32} H_{32} N_4 O_5$ für das aus Haemin von Nencki und Sieber mittelst concentrirter Schwefelsäure hergestellte Haematoporphyrin) und ein Eisenoxydulsalz, während er vermöge seiner grossen Affinität zu O bei Berührung mit diesem in Haematin, $C_{32} H_{32} N_4 Fe O_4$, übergeht. Das ist denn auch regelmässig der Fall beim Kochen von Haemoglobin-Lösungen und des Fleisches unter Lufteinwirkung; die dabei sich einstellende Braunfärbung darf direct auf Haematinbildung, in letzterem aus dem Muskelfarbstoff zurückgeführt werden Der durch die oben genannten Reagentien bedingte Zerfall des Haemoglobin in Haemochromogen und einen dem Globulin sehr nahe stehenden Eiweisskörper hat Veranlassung zu der Annahme gegeben, dass in jenem die Atomgruppen des Globulin und Haemochromogen resp. Haematin gepaart enthalten seien.

Von den genannten Zersetzungsproducten des Haemoglobin spielte in der forensischen Praxis vor der Bekanntschaft mit dessen spektroskopischem Verhalten eine hervorragende Rolle als eine Verbindung des Haematin das von Teichmann zuerst aufgefundene Haemin oder Chlorwasserstoffhaematin (Nencki und Sieber's salzsaures Haemin). Es ist das ein aus getrocknetem Blute durch Extraction mittelst Eisessig in Anwesenheit von etwas Chlornatrium und unter Mitwirkung vorübergehenden Kochens leicht darstellbarer, in mikroskopisch kleinen Rhomboëden von brauner oder bei auffallendem Lichte blauschwarzer Farbe krystallisirender Körper von der Formel $C_{32} H_{30} N_4 Fe O_3 HCl$ (Nencki und Sieber). Derselbe in verdünnten Alkalilösungen leicht löslich lässt bei Säurezusatz das Haematin ($C_{32} H_{32} N_4 Fe O_4$) als braunflockigen Niederschlag ausfallen. Andererseits liefert das Haemin in alkoholischer Lösung durch Reduction mit Zinn und Salzsäure u. a. einen Körper von den Eigenschaften des Hydrobilirubin oder Urobilin, ein Hinweis auf den Ursprung der Gallenfarbstoffe aus dem Blutfarbstoff, $C_{32} H_{32} N_4 O_4 Fe$ (Haematin) $+ 2 H_2O - Fe = C_{32} H_{36} N_4 O_6$ (Bilirubin).

Mit dem Gallenfarbstoffe Bilirubin identisch scheint auch ein von Virchow in alten Blutextravasaten entdeckter, orange-rother, in klinorhombischen Prismen krystallisirender Körper, das Haematoidin (Fig. 5), dessen Abstammung von dem Blutfarbstoff, trotzdem er ein nicht mehr eisenhaltiges Zersetzungsproduct von der Formel $C_{32} H_{34} N_4 O_6$, nicht mehr zweifelhaft erscheinen kann; es kommt bei seiner Bildung vermuthlich zur Abspaltung einer Fe-haltigen Eiweissverbindung. Während manche Autoren in dem Haematoidin den Farbstoff der Corpora lutea des Eierstockes erblicken (Landois u. A.), giebt nach Foster denselben das Lutein, ein »vom Bilirubin sicher verschiedener Körper, ihre charakteristische Färbung«. Auffallend ist trotz der chemischen und physikalischen Identität des Haematoidin und Bilirubin jedenfalls die Differenz in den Absorptionsspektren beider Körper (Preyer).

Bei Erhitzung trockenen Haemoglobins endlich auf über 100° verbrennt dasselbe unter Hinterlassung einer rothen Asche, die aus reinem Eisenoxyd $Fe_2 O_3$ besteht. In welcher Form das Eisen im Molecül des Hb enthalten ist, darüber differiren die Anschauungen beträchtlich. Nach Mulder und Berzelius ist es als metallisches, nach Engelhart und Dumas als Oxyd, nach Liebig u. A. als Salz in dieses

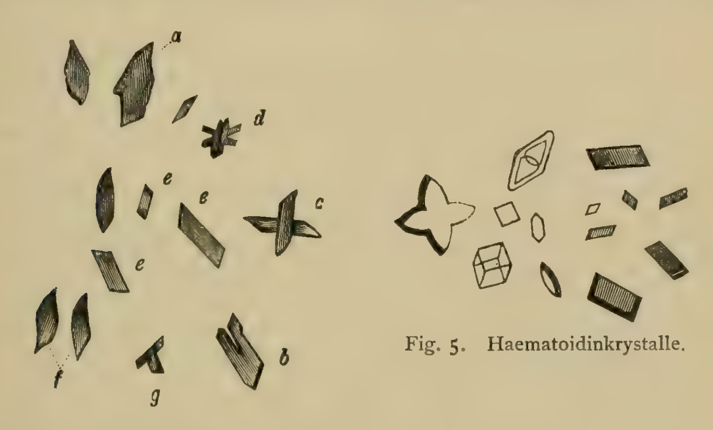


Fig. 5. Haematoidinkrystalle.

Fig. 4. Haeminkrystalle der Kuh.
Als einfache rhombische Tafeln in *e*, oder ein- und mehrfach gekreuzt (*c*, *g*, *d*), oder mit abgestumpften Kanten und Ecken in *a*, *f*.

aufgenommen. Das Gesammtblut des Pferdes, Rindes, Schweines und Hundes liefert nach Nasse 0,07—0,08 pCt., das des Schafes 0,05 pCt. Geringere Quantitäten soll das Blut von Thieren mit geringeren Mengen von Blutzellen führen (Poggiale, Schmidt). Nach Boussingault ist auch in dem Plasma ein wenig an Eiweiss gebundenes Eisen enthalten.

Die Entstehungsweise des Blutfarbstoffes ist noch durchaus dunkel; seine Bildung hängt mit der Entwickelung farbiger Blutzellen innig zusammen und ist Aufgabe der Blutbildungsorgane, bei deren Erkrankung sie augenscheinlich mehr oder weniger nothleidet. Einwandsfrei scheint dagegen die Annahme, dass das Haemoglobin bei der gallebildenden Thätigkeit der Leber zersetzt wird, um sein Haemochromogen in den Gallenfarbstoff Bilirubin (s. oben) und die

in der Galle enthaltenen Eisensalze (Eisenphosphat) übergehen zu lassen, während die dabei zur Abspaltung kommende Eiweissgruppe möglicherweise das Material zur Bildung der Gallensäuren liefert (Hoppe-Seyler). Damit würde die Leber zur Excretionsstätte für das bei dem Blutkörperchenzerfall in derselben frei werdende Haemoglobin.

Die für den Physiologen und Pathologen gleich werthvolle Mengenbestimmung des Haemoglobins stützt sich auf zahlreiche Methoden.*) Die wichtigsten sind:

1. Als chemische Methoden:

Hoppe-Seyler's Eisenbestimmung in der Asche einer bekannten Menge Blutes unter Berücksichtigung der im Hb enthaltenen Eisenmenge. Vorausgesetzt, es werden in 100 *g* Pferdeblut 0,06345 *g* Fe gefunden, so entspricht das, falls thatsächlich alles in der Blutasche enthaltene Fe nur dem Hb angehörte, $\frac{100 \cdot 0{,}06345}{0{,}47} = 13{,}5$ *g* Hb;

Brozeit stellt die Menge des durch Zersetzung des Hb gebildeten Haematins aus bekannter Blutquantität fest und bezieht dieselbe auf Hb, wovon 21,31 *g* = 1 *g* Haematin;

Claude Bernard bemisst die durch CO aus dem Blute ausgetriebenen, Gréhant die durch die Quecksilberluftpumpe ausgepumpte und Schützenberger die durch hydroschweflige Säure gebundene O-Menge des arteriellen, also etwa O-gesättigten Blutes und vergleicht dieselbe mit dem bekannten O-Bindungsvermögen des Hb;

Quinquaud benutzt die zur Entfärbung einer Blutlösung nöthige Chlormenge;

2. Als spektroskopische Methoden:

Preyer hat festgestellt, dass Hb-Lösungen von mehr als 0,8 pCt. Concentration in 1 *cm* dicker Schicht nur das rothe Licht passiren lassen, und dass erst bei einer Verdünnung auf 0,8 pCt. das Grün im Spektrum sichtbar wird; aus der Menge Wassers also, deren Zusatz erforderlich ist, um diesen Verdünnungsgrad zu erreichen, kann man die Menge des ursprünglich in dem betr. Blute enthaltenen Hb berechnen;

Lesser bedient sich der Abhängigkeit der Breite des bei D gelegenen Absorptionsstreifens von der Concentration der Hb-Lösung und berechnet aus der Menge des Verdünnungswassers, welches nöthig war, um den α-Streifen bei D beginnen zu lassen, was einer Concentration von 0,35 pCt. Hb gleichkommt.

3. G. A. Müller verbindet eine chemische mit der spektroskopischen Methode unter Benutzung der von ihm festgestellten Thatsache, dass 6,95 *ccm* einer 2 pCt. wässrigen Salpetersäurelösung nöthig sind, um in 0,4 *ccm* eines Blutes von 9,83 pCt. O-Hb-Gehalt die Oxyhaemoglobinbänder zum Verschwinden zu bringen. Er fängt zu diesem Zwecke eine kleine Menge Blutes in einem zunächst mit wenig Glycerin gefüllten, in 0,5 *ccm* getheilten Messcylinder auf und verdünnt jenes mit der letztgenannten Flüssigkeit derart, dass in 100 Vol. Glycerin 2 Vol. Blut enthalten sind. Von diesem Gemisch werden 20 *ccm* in ein Haematinometer (Glaskästchen mit planparallelen Wänden von 0,75 *cm* Abstand) gebracht und so lange mit 2 pCt.

*) Eine nähere Darstellung derselben findet sich in der trefflichen Inaug.-Dissertation von G. A. Müller: »Beitrag zur Kenntniss des Oxyhaemoglobins im Blute der Haussäugethiere und des Hausgeflügels«. Leipzig 1886.

Lösung des Acid. nitric. pur. (der Pharm. Germ. II) tropfenweis unter energischem Umrühren versetzt, bis dadurch die O-Hb-Bänder im Spektrum einer Petroleumflamme zum Verschwinden gebracht werden. Der Hb-Gehalt berechnet sich dann nach der Formel 6,95 : 9,83 = sm : x, wobei sm die Menge der verbrauchten Titrirflüssigkeit (Salpetersäurelösung) darstellt; wenn z. B. dazu 9,75 *ccm* solcher benöthigt waren, so giebt das $x = \frac{9{,}83 \cdot 9{,}75}{6{,}95}$ = 13,79 pCt. Hb.

4. Die spektrophotometrischen Methoden

Vierordt's, Hüfner's u. A. stützen sich auf die bekannte Thatsache, dass Farbstoffe in einem ihrer Concentration und Schichtendicke proportionalen Maasse Licht absorbiren, und beurtheilen die Hb-Menge nach dem Grade der Drehung eines Nicol'schen Prismas im Fernrohr des Spektralapparates, welche nothwendig ist, um gleiche Verdunkelung in dem Spektrum der reinen Lichtquelle zu erzeugen, wie in dem Spektrum der durch Einschaltung einer bestimmten Schicht der Blutlösung von bekannter Concentration verdunkelten Lichtquelle. Der Methode müssen Skalen über die Stärke der Lichtentziehung durch O-Hb-Lösungen von bestimmtem Gehalte im Zusammenhalt mit der durch das Nicol'sche Prisma erzielten, je dem Drehungsgrade entsprechenden Abdämpfung zu Grunde liegen.

5. Die colorimetrischen Methoden

beruhen sämmtlich auf der Bestimmung derjenigen Wassermenge, welche nöthig ist, um eine bekannte Menge Blutes an Färbkraft resp. Farbenintensität in Einklang zu bringen mit Lösungen bekannten Blutfarbstoffgehaltes (Methoden Hoppe-Seyler's, Worm-Müller's, Jolyet und Laffont's, Bizzozero's) oder Lösungen von Farbstoffen, welche in bestimmter Concentration jenen Normalblutfarbstofflösungen gleichen (z. B. Pikrocarmin; h. g. die Methoden von Welcker, Hayem, Quincke, Mantegazza, Malassez, Gowers)*). Ihnen reiht sich die neuestens (1885) in Aufnahme gekommene Methode Fleischl v. Marxow an, welche eine bestimmte in Wasser verdünnte Blutmenge mit den verschieden dicken Partien eines Keiles von rubinrothem Glase vergleichen lässt, die je einem gewissen Hb-Gehalte entsprechen.

Von den zahlreichen, vorstehend kurz gekennzeichneten Methoden kann wohl diejenige Hoppe-Seyler's, die auf der Fe-Bestimmung fusst, den Anspruch auf die grösste Zuverlässigkeit erheben; indess für den Praktiker ist sie ihrer grossen Schwierigkeit wegen nicht ausführbar. Ihm kann, wenn es sich um Bestimmung des wirklichen Haemoglobingehaltes eines Blutes handelt, die relativ sehr einfache Methode G. Müller's dringend anempfohlen werden; abgesehen von dem in 0,5 *ccm* getheilten Messcylinder, einer auf 0,05 *ccm* graduirten Bürette und einem Haematinometer von 0,75 *cm* Weite bedarf es dazu nur des Spektroskopes mit gerader Durchsicht. Wird nur Feststellung relativer Haemoglobinquantitäten angestrebt, dann ist das Fleischl'sche Haemometer**) ausreichend.

*) Das Gowers'sche Haemoglobinometer wurde von Prof. Zschocke in Zürich etwas modificirt d. h. vergrössert.

**) Verfertiger: Optiker C. Reichert in Wien VIII, Bennogasse 26, Preis circa 50 Mark.

Es kann nicht Wunder nehmen, dass die verschiedenen Methoden zu recht differenten Ergebnissen geführt haben; hier sollen nur die nach den am meisten einwandsfreien Untersuchungsweisen erhaltenen Resultate G. Müller's aufgeführt werden. Danach enthält das Blut vom Pferde 13,15 pCt. (ein Pferd von 450 *kg* Gewicht ca. 4 *kg*), vom Rinde 9,96 pCt., vom Schafe 10,34 pCt., vom Schweine 12,7 pCt., vom Hunde 9,77 pCt. O-Hb, reicher noch an diesem Körper ist das Vogelblut: so das des Haushuhnes 16,75 pCt., der Taube 16,74 pCt., Ente 17,59 pCt., Gans 16,43 pCt., des Truthahnes 16,61 pCt.

Schwankungen in dem Gehalte bedingen: a) das Alter der Thiere, insofern als jüngere Thiere weniger O-Hb führen als ausgewachsene (z. B. 8,26 pCt. für Kälber gegenüber 10,65 pCt. für ausgewachsene Rinder), b) das Geschlecht, indem männliche Thiere an O-Hb reicher sind als weibliche und Castraten das meiste O-Hb aufweisen (so bei männlichen Schafen 10,78 pCt., bei weiblichen Schafen 9,45 pCt., G. Müller); c) die Trächtigkeit veranlasst nach Cohnstein eine ganz bedeutende Zunahme des Hb (so soll sie von 5,5 pCt. bei nicht trächtigen Schafen auf 7,8 pCt. beim trächtigen ansteigen); d) die Qualität der Nahrung ist scheinbar nicht ganz bedeutungslos für den Hb-Gehalt des Blutes, nach Ssubotin wenigstens setzte N-arme Kost denselben herab, während ihn N-reiche Nahrung steigerte. Dem gegenüber scheint deren Quantität nicht von wesentlichem Einfluss auf die Hb-Menge zu sein, denn es zeigten weder gemästete Thiere ein Plus gegenüber mageren Individuen (G. Müller), noch konnte gänzliche Nahrungsentziehung auch durch längere Zeit fortgesetzt einen nur irgendwie wesentlicheren Hb-Abfall bedingen.

2. Die **anderweitigen Bestandtheile der farbigen Blutzellen** sind noch nicht genügend studirt, weshalb man denn auch die verschiedensten Angaben darüber findet.

Die Stromasubstanz des Blutkörperchens bildet ein Eiweisskörper von den Eigenschaften des Globulins (Fällbarkeit durch Kochsalz aus der neutralen Lösung und Gerinnung bei 75°). Daneben findet sich darin das Protagon, $C_{116} H_{241} N_4 O_{22} P$ (Liebreich), eine P-reiche in sehr kleinen Nadeln krystallisirende Substanz, die einen nicht unbeträchtlichen Antheil der Hirnsubstanz bilden soll, aber von manchen Autoren (Hoppe-Seyler) nicht als chemisches Individuum, sondern als Gemisch von Lecithin und Cerebrin angesehen wird.

Auch Cholesterin wird als Bestandtheil der Blutkörperchen aufgeführt.

Diastatisches Ferment nach der Auflösung der Blutkörperchen in Wasser besonders reichlich auftretend (Wittich, Tiegel), findet sich nach Ellenberger und Hofmeister auch im Blute des Pferdes, freilich darin in viel geringerer Menge als im Speichel.

3. Etwas genauere Kenntnisse liegen über die Salze der Blutkörperchen vor. Gefunden wurden von anorganischen Substanzen in der Blutkötperchen-Asche Kalium, Calcium, Magnesium, Phosphorsäure, Chlor, zuweilen Natrium.

Das im allgemeinen den zelligen Elementen des Blutes zugesprochene Auswahlsvermögen für die Kalium- gegenüber den Natrium-Salzen scheint nach den Ergebnissen der Untersuchungen Bunge's nicht allen Thieren gleichmässig eigen; nach ihm fand

sich nämlich in den Blutkörperchen des Hundes neben 0,025 pCt. Kali nicht weniger denn 0,314 pCt. Natron, und in denen des Rindes neben 0,075 pCt. Kali 0,209 pCt. Natron, dagegen enthält die Asche der Blutkörperchen des Schweines und des Pferdes kein Natron.

Von den genannten anorganischen Bestandtheilen dürfte die Phosphorsäure hauptsächlich an das Kalium gebunden sein, doch vermuthet man auch nebenher noch die Anwesenheit der Carbonate der obigen Alkalien.

B. Die **farblosen Blutzellen** (weissen Blutkörperchen, Lymphoidzellen, Leukozyten) sind die den Lymphzellen identischen kugeligen fein- oder grobgranulirten, kernhaltigen Zellen von meist beträchtlicherer Grösse als die farbigen Blutelemente. Sie messen 5—20 μ im Durchmesser; gewöhnlich sind die feiner gekörnten kleiner, z. B. beim Pferde im Mittel 6,9 (5,4—8,7) μ gross, die grobgekörnten sogenannten Mastzellen dagegen grösser (8,7 μ beim Pferde). Sie besitzen eine gewisse Klebrigkeit und ein geringeres specifisches Gewicht, als die rothen Körperchen, senken sich aber in dem an der Gerinnung verhinderten Blute, um darin die mittlere der entstehenden 3 Schichten zu bilden oder sich bei langsamer Gerinnung in der Crusta inflammatoria anzuhäufen.

Ihre Zahl tritt wesentlich hinter derjenigen der rothen Blutkörperchen zurück; ihr Verhältniss zu diesen wird auf 1 : 335 (Welcker), 1 : 357 (Moleschott), 1 : 330 (Gowers), aber auch auf 1 : 900—1500 (Grancher) und 1 : 650 bis 1250 (Malassez) angegeben. Die Zahl scheint wesentlich mit von der Localität, der das Blut entnommen, abhängig; so sollen im Arterienblute der Milz auf 1 farbloses Blutkörperchen 2000 farbige, im Venenblute dieses Organes auf 1 weisses 80—100 rothe Blutkörperchen kommen. Das Verhältniss schwankt ferner nach Alter, Geschlecht, Nahrungsaufnahme, Trächtigkeit etc. bedeutend; einige Zeit nach der Futteraufnahme, während der Trächtigkeit ist sie grösser, unter den entgegengesetzten Verhältnissen geringer. Noch weit mehr Einfluss haben Krankheiten der Blutbereitungsorgane auf ihre Quantität; z. B. wächst ihre Zahl bei der Leukaemie (wohl unter gleichzeitigem Rückgange der Menge rother Elemente) so, dass das Verhältniss auf 1 : 15, ja selbst auf 1 : 1 (Siedamgrotzky) sich einengt.

Ihre Zählung wird unter Zuhülfenahme der gleichen Apparate wie die der farbigen Zellen bewerkstelligt; jedoch empfiehlt es sich dabei, das Blut blos etwa mit der 10fachen Menge und nicht 3 pCt. Kochsalz- sondern etwa 0,3 pCt. Essigsäure-Lösung zu verdünnen (Thoma). Uebrigens soll ihre Zahl, wie schon oben (siehe Fibrinbildung) bemerkt, nach der Extravasation bedeutend reducirt werden (Al. Schmidt).

Von den **physiologischen Eigenschaften** sind es die grosse Gefrässigkeit oder Voracität, das hervorragende Locomotionsvermögen und die histiogenetische Thätigkeit, welche die Leukozyten als ungemein wichtige Bestandtheile des Blutes sich den farbigen Blutzellen an die Seite stellen lassen. Ihre Neigung, körperliche Bestandtheile in sich aufzunehmen, macht sie wahrscheinlich zu den werthvollsten Vermittlern der Aufsaugung von Stoffen, welche in feinkörniger und un-

gelöster Form im Darmkanal den Nahrungsmitteln entzogen werden (Fette etc.); aus den Blut- und Saftbahnen der Darmschleimhaut in das Darmlumen überwandernd, scheinen sie sich hier mit gewissen Nährstoffen (Fette, Peptone) zu beladen, um nach erfolgter Rückkehr mit dem Blut- und Lymphstrome in die verschiedensten Theile des Körpers getragen zu werden und diesen einen Theil des benöthigten Nahrungsmaterials zuzuführen. Ihrem Wanderungsvermögen verdanken sie auch die Möglichkeit, in gewisse Secrete des Körpers (Milch, Uterinmilch etc.) überzutreten und so an der Herstellung wichtiger Bestandtheile dieser theilzunehmen (Milchkügelchen etc.). Dass sie endlich histiogenetisch thätig sind, beweist ihre Mitwirkung bei der Bildung mesoblastischer Gewebe im embryonalen Körper, sowie bei dem Wundheilungsvorgange. Alles das kann hier nur andeutungsweise berührt werden; die speciellere Schilderung dieser Functionen der fraglichen Zellen bringen die einschlägigen Kapitel.

Directe Untersuchungen über die chemische Composition der Leukozyten des Blutes liegen nicht vor, man schliesst auf ihre Zusammensetzung aus den Differenzen leukämischen Blutes gegenüber dem normalen, aus den Bestandtheilen des Eiters etc. Danach enthalten sie 1. unter ihren Eiweisskörpern das den contractilen Gewebselementen gemeinsame Myosin (s. unten), die Muttersubstanz des Gerinnungsfermentes und Serumglobulins (denn beide Körper sollen nach Al. Schmidt daraus hervorgehen); nach der Eiweissverdauung würden sie, die Richtigkeit von Hofmeister's Anschauung vorausgesetzt, dass sie für den Peptontransport im Körper die gleiche Rolle spielen, wie die farbigen Blutzellen für denjenigen des O, Pepton führen, wie ihnen auch das allen Kernen eigenthümliche Nuclein zukommt. 2. Von Kohlehydraten wollen Einzelne (Bernard) Glykogen darin nachgewiesen haben; 3. Fette besonders nach der Fettverdauung reichlich, fehlen ihnen niemals ganz. Dazu kommen die Zersetzungsproducte von Eiweisskörpern und Fett (Xanthin und Hypoxanthin, Ameisen-, Essigsäure, Glycerinphosphorsäure, Lecithin, Cholesterin und Protagon). 4. Die mineralischen Bestandtheile reihen sich scheinbar ganz denen der farbigen Zellen an.

C. Noch weniger als von der morphologischen Structur und der von Bizzozero vermutheten Bedeutung der Blutplättchen für die Blutgerinnung weiss man über deren chemische Zusammensetzung. Bizzozero's Anschauung als richtig voraussetzend, würde man in ihnen die Mutterstoffe für die im Plasma präexistent nicht nachweisbaren Gerinnungsfactoren, vor Allem das Fibrinferment, zu suchen haben.

Analysen vom Gesammtblut. Obwohl die Zahl der quantitativen Analysen über einzelne Bestandtheile des Blutes keine geringe, so fehlt es doch an systematischen Untersuchungen des Gesammtblutes einer grösseren Anzahl verschiedener Thierspecies nach einheitlicher Methode. Daher die mannigfachen Differenzen in den Resultaten.

Das Verhältniss der Blutkörperchen zum Blutplasma wurde

von Hoppe-Seyler, Sacharjin und Fudakowski näher geprüft; sie fanden

in 100 Theilen venösen Blutes	des Pferdes	des Hundes
Körperchen	32,620	38,342
Plasma	67,380	61,658

Bunge erhielt dagegen

in 100 Theilen defibrinirten Blutes	des Pferdes	Rindes	Schweines
Körperchen	53,15	31,87	43,68
Serum	46,85	68,13	56,32

Die erstgenannten drei Forscher bestimmten dabei nach der von Hoppe-Seyler vorgeschlagenen Methode die Menge des Plasmas aus dem Fibringehalte des fraglichen Blutes, indem sie voraussetzten, dass das gesammte aus dem Blute sich ausscheidende Fibrin dem Plasma angehöre. Sie führten darauf zwei Fibrinbestimmungen aus, die erste zur Feststellung der Fibrinmenge, welche in dem durch Abkühlung auf 0° etc. von Körperchen vollkommen befreiten Plasma enthalten, die zweite zur Constatirung der Fibrinmenge des Gesammtblutes. Betrug jene z. B. 0,75 pCt., diese dagegen 0,5 pCt., so ergeben sich für 100 Theile Blut $100 \cdot \frac{0{,}5}{0{,}75}$ = 67 Theile Plasma und 100 — 67 = 33 Theile Körperchen.

Bunge dagegen betrat den ebenfalls von Hoppe-Seyler gewiesenen Weg einer Vergleichung der coagulablen Substanzen des Gesammtblutes, der Blutkörperchen und des Plasmas.

Auch Sacharjin constatirte, dass das Blut des Pferdes circa $^1/_3$ Körperchen und $^2/_3$ Plasma führe, Zahlen, die, wie oben bemerkt, auf anderem Wege (Volumbestimmung der in 1 *cmm* Blut enthaltenen Blutkörperchen) auch von mir gefunden wurden.

Die Zusammensetzung des Plasma für Pferd und Hund prüften Hoppe-Seyler und Fudakowski, des Serum für das Blut vom Pferd, Rind und Schwein Bunge. Nähere Auskunft über deren Resultate ertheilt folgende Tabelle für je 100 Theile

	Plasma (n. Hoppe-Seyler)		Serum = Plasma minus Fibrin (n. G. Bunge)		
	Pferd	Hund	Pferd	Rind	Schwein
Wasser	90,84	92,13	89,66	91,33	91,96
feste Stoffe	9,16	7,87	10,34	8,67	8,04
Fibrin	1,01	0,18	—	—	—
Eiweisskörper . . .	7,76	6,10	?	7,32	6,77
andere organ Stoffe (Fett u. Extractivstoffe)	0,52	0,60	?	0,56	0,50
anorgan. Stoffe (Salze)	0,81	0,99	?	0,79	0,77
davon Kali	?	?	0,027	0,0254	0,0273
Natron . . .	?	?	0,443	0,4351	0,4272
Kalk	?	?	?	0,0126	0,0136
Magnesia . . .	?	?	?	0,0045	0,0038
Eisenoxyd . .	?	?	?	0,0011	0,0011
Chlor	?	?	0,375	0,3717	0,3611
Phosphorsäure .	?	?	?	0,0266	0,0188

Ueber die Zusammensetzung der farbigen Blutzellen belehren uns die gleichen Forscher wie folgt für je 100 Theile:

	Körperchen (n. Hoppe-Seyler)	Körperchen des defibrinirten Blutes (n. G. Bunge)		
	Pferd	Pferd	Rind	Schwein
Wasser	56,5	60,89	40,01	36,79
feste Stoffe	43,5	39,11	59,99	63,21
Eiweiss	?	?	10,73	8,61
Haemoglobin	?	?	28,05	26,10
andere organ. Stoffe	?	?	0,75	1,20
anorganische Stoffe			0,48	0,89
Kali	?	0,492	0,0747	0,5543
Natron	?	—	0,2093	—
Magnesia	?	?	0,0017	0,0158
Chlor	?	0,193	0,1635	0,1504
Phosphorsäure	?	?	0,0703	0,2067

Die Blutasche endlich prüfte Jarisch speciell noch und fand in 100 Theilen derselben

	Pferd	Rind	Hund	Mensch
Phosphorsäure	8,38	4,98	12,74	8,82
Schwefelsäure	6,31	6,17	4,13	7,11
Chlor	28,63	35,12	32,47	30,74
Kali	29,48	10,74	3,96	26,55
Natron	21,15	37,44	43,4	24,11
Kalk	1,08	1,15	1,29	0,9
Magnesia	0,60	0,18	0,68	0,53
Eisenoxyd	9,52	9,24	8,64	8,16
Kohlensäure	1,30	2,97	—	—

Nachfolgend sei noch die in Colin's Traité de Physiologie comparée, III. éd., T. II, pag 621 citirte Tabelle Nasse's über die Zusammensetzung des Gesammtblutes angefügt; danach ergeben sich als Bestandtheile des Blutes der Hausthiere:

	Pferd	Rind	Schaf	Schwein	Hund	Huhn
Wasser	804,75	799,590	827,765	768,945	790,50	783,42
Körperchen	117,13	121,865	92,425	145,532	123,95	144,57
Albumin	67,58	66,901	62,705	72,875	65,19	48,52
Fibrin	2,41	3,620	2,970	3,950	1,93	4,67
Fett	1,31	2,045	1,161	1,950	2,25	2,63
Alkaliphosphat	0,844	0,468	0,395	1,362	0,73	0,945
Natriumsulfat	0,213	0,181	0,348	0,089	0,197	0,100
Alkalicarbonat	1,104	1,071	1,498	1,198	0,789	0,350
Chlornatrium	4,659	4,321	4,895	4,287	4,490	5,392
Eisenoxyd	0,786	0,731	0,589	0,782	0,714	0,743
Kalk	0,107	0,098	0,107	0,085	0,07	0,174
Phosphorsäure	0,123	0,123	0,113	0,206	0,208	6,935
Schwefelsäure	0,026	0,018	0,044	0,041	0,013	0,010

III. Die Gase des Blutes.

Die Untersuchung des Blutes mittelst der Luftpumpe demonstrirt das Vorhandensein von Gasen (O, CO_2 und N) in demselben, die darin

theils einfach absorbirt, d. i. gelöst, theils chemisch gebunden sind. Es unterliegt danach der Gasgehalt des Blutes den physikalischen Gesetzen der Gasabsorption durch Flüssigkeiten, wie auch der chemischen Bindung der Gase an chemische Agentien.

Physikalisch-chemische Vorbemerkungen: Wie feste Körper, so sind auch Flüssigkeiten im Stande, Gase in sich aufzunehmen, zu absorbiren; in jenen tritt dabei eine Verflüssigung ein, in diesen werden sie gelöst. Diese Absorption der Gase in Flüssigkeiten erfolgt nach W. Henry bei stets gleich bleibenden Volumen der Gewichtsmenge nach proportional dem Drucke, unter welchem das Gas steht. Wird bei dem Drucke n die Gasmenge p aufgenommen, so steigt dieselbe bei einem Drucke von 2n, 3n . . . auf 2p, 3p . . . an, bei dem Drucke O sinkt sie folglich auf o und darauf beruht die Möglichkeit der Entgasung mittelst der Luftpumpe.

Ausser dem Drucke übt aber auch die Temperatur einen gewissen Einfluss auf die Menge des absorbirten Gases aus. Im Allgemeinen ist diese grösser bei niederer Temperatur, geringer bei höherer Wärme So beträgt z. B. das Absorptionsvermögen eines Vol. Wassers bei 760 *mm* Quecksilberdruck für CO_2 bei 0° = 1,7967 Vol., bei 20° = 0,9014 Vol., bei $37—37{,}5^\circ$ = 0,569 (Setschenow), bei 39° = 0,5283 (Zuntz), für O bei 0° = 0,0411 Vol., bei 20° = 0,0284 Vol., für N bei 0° = 0,0203, bei 20° = 0,0140 Vol. Siedehitze entgast schliesslich die Flüssigkeiten (Bunsen).

Salze, welche sich in der absorbirenden Flüssigkeit gelöst finden, beeinträchtigen, falls sie selbst kein Bindungsvermögen für die betreffenden Gase besitzen, die Absorptionsfähigkeit und das um so mehr, je höher die Cencentration der Lösung (Fernet).

Nach alledem ergiebt sich als Absorptionscoëfficient d. i. das Volumen Gas, welches 1 Vol Wasser von 0° bei 760 *mm* Quecksilberdruck aufnimmt:

für CO_2 = 1,7967	für N = 0,0203
für O = 0,0411	für H = 0,0193
für CO = 0,0329	für CH_4 = 0,0871

Für den thierischen Organismus liegen indessen die Verhältnisse so, dass eine Berührung desselben mit nur einem Gase naturgemäss nicht vorkommt, sondern dass er von Gasgemischen umgeben ist. Nach dem Dalton'schen Gesetze üben nun Gase, welche sich gleichzeitig in gemeinsamem Raume befinden, auf einander keinen Druck aus; ein jedes der in dem Gasgemenge enthaltenen Gase steht vielmehr unter einem Drucke, der gleich ist demjenigen, welcher herrschen würde, wenn das betreffende Gas allein in dem gleichen Gesammtraum vorhanden wäre, d. h. es steht unter seinem »Partiärdrucke« (Bunsen). Daher findet auch die Absorption von Gasgemengen für jedes einzelne Gas nur seinem Partiärdrucke, nicht dem Gesammtdrucke des Gemenges proportional statt; für die Gase der Luft, welche bekanntlich aus 0,2096 Volumtheilen O und 0,7904 Volumtheilen N besteht, wird, vorausgesetzt, dass der Luftdruck 760 *mm* Hg entspricht, der Sauerstoff gemäss dem Druck von etwa $760 \cdot 0{,}21 = 159{,}6$ *mm* Hg, der Stickstoff $760 \cdot 0{,}79 = 600{,}4$ *mm* Hg absorbirt; die Kohlensäure, deren Gehalt in der Luft sich auf 0,0004 Volumtheile beläuft, entsprechend einem Drucke von $760 \cdot 0{,}0004 = 0{,}3$ *mm* Hg.

Unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse würde demnach die Menge O z. B., welche 100 Vol. Wasser von 0° bei dem O-Partiärdrucke der Luft aufnimmt, 0,0866 Vol., die Menge N 1,606 Vol., die Menge CO_2 0,0696 Vol. betragen. Die gleiche Quantität der genannten Gase

wird aber ceteris paribus im Blute des lebenden Thieres nicht gelöst werden können, weil 1. die Temperatur desselben eine so hohe ist, dass nach den vorliegenden Erfahrungen nicht einmal die Hälfte davon Aufnahme findet, und weil 2. das Vorhandensein von den genannten Gasen gegenüber chemisch indifferenten Stoffen im Blute dessen Absorptionsvermögen noch mehr beeinträchtigt. Deshalb erhielt denn auch Zuntz nach Eliminirung aller chemischen Affinitäten des Blutes für CO_2 durch Neutralisation mit anderen starken Säuren (Phosphorsäure oder Oxalsäure) den Absorptions-Coëfficienten des Kalbsblutes von 1038 spec. Gew. (NB bei 0° und 760 *mm* Hg Druck) = 1,626, für Hammelsblut von 1052 spec. Gew. = 1,547 (gegenüber dem des reinen Wassers = 1,767).

Jede Gasabsorption ist übrigens mit Wärmeentwickelung und Volumszunahme verbunden.

Wenn nun, wie sich aus den nachfolgenden Besprechungen ergeben wird, der Gehalt des Blutes an einzelnen der in Betracht kommenden Gase (O und CO_2) ein weit beträchtlicherer ist, so kann dies nur davon herrühren, dass dem Blute chemisches Bindungsvermögen, chemische Affinitäten für gewisse Gase zukommen, welche ihm durch das Vorhandensein gasbindender Substanzen verliehen werden.

So besitzen z. B. Bindungsvermögen für CO_2 die Lösungen des Dinatriumphosphat und des Dinatriumcarbonat, indem beide Salze je ein Atom ihres Na an die CO_2 abzugeben vermögen (nach der Formel $Na_2\,HPO_4 + CO_2 + H_2O = Na\,H_2\,PO_4 + Na\,HCO_3$ und $CO_3\,Na_2 + CO_2 + H_2O = 2\,CO_3\,Na\,H$), wenn sie mit CO_2 geschüttelt werden (Fernet). Nach Heidenhain und Lothar Meyer soll sogar die Menge der in Natriumphosphat-Lösungen chemisch gebundenen CO_2 mit steigendem Drucke wachsen; wenn auch nicht, wie Fernet will, einfach dem Drucke proportional, sondern in einem noch unbekannten, complicirten Verhältniss. Auch in Sodalösungen wächst die Menge der aufgenommenen CO_2 mit steigendem Drucke so lange, bis die Bicarbonatbildung ihr Ende erreicht hat, in höherem Maasse, als dies dem Absorptionsvermögen entspricht, dann erfolgt die weitere CO_2-Aufnahme nur noch gemäss dem Henry-Dalton'schen Gesetze durch physikalische Absorption. Nach L. Meyer können dünne Sodalösungen etwa ihr gleiches Volum CO_2 binden und erst, wenn das über der Lösung stehende Gasgemisch in seinem CO_2-Gehalt unter 1 pCt. CO_2 d. i. einen Partiärdruck von 7,6 *mm* sinkt, hört die Lösung auf, CO_2 zu binden.

Der chemischen Verwandtschaft des Haemoglobin zum Sauerstoff wurde schon oben gedacht. Sie bewirkt es, dass der O in weit grösserer Menge sich im Blute findet, als dies der einfachen mechanischen Absorption der Gase durch Flüssigkeiten entspricht, sie veranlasst es aber auch, dass bei Athmung reinen O unter Atmosphärendruck der O-Gehalt des Blutes weder auf das Fünffache ansteigt, noch dass er bei Abnahme des Atmosphärendruckes in beträchtlicheren Höhen auf einen entsprechenden Bruchtheil herabgeht; es ist nachgewiesen, dass ein Individuum, welches sich in 4300 *m* Höhe über der Erdoberfläche aufhält, entsprechend dem dort nur halben Atmosphären-

druck, nicht etwa nur die Hälfte des O-Gehaltes der Erdbewohner führt, sondern dass ihm die fast gleiche Menge zukommt, wie den letzteren.

Andererseits zerfallen unter gewissen Umständen chemische Verbindungen, sodass an die Stelle eines Molecüls zwei oder mehrere Molecüle anderer Körper treten; man nennt diesen Vorgang die Dissociation. Als Bedingung für die Herbeiführung einer solchen Dissociation gilt in erster Linie der Temperaturwechsel; Erhitzung einer Lösung von Natriumbicarbonat z. B. lässt unter Entweichen von CO_2 und Wasserbildung Natriumcarbonat entstehen; 2 Mol. CO_3NaH geben also je 1 Mol. $CO_3Na_2 + CO_2 + H_2O$. Schüttelt man z. B. eine concentrirte Lösung von Natriumbicarbonat, der schon vermittelst Durchleitung eines Luftstromes von 10—11° ein grösseres Quantum CO_2 entzogen worden ist, mit ihrem gleichen Volumen Luft bis zur Sättigung bei 10,5° C., so enthält die Luft darauf 5,06 pCt. CO_2, bei Steigerung der Temperatur auf 40° aber schon 31,2 pCt. CO_2 (Zuntz).

Für die Dissociation der gashaltigen chemischen Bestandtheile des Blutes kann indessen der Temperaturwechsel allein noch nicht ausreichen, um die in quantitativer Hinsicht augenscheinlich sehr eingreifenden Zersetzungen zu erklären; eine einigermassen wirksame Wärmeveränderung kann im Blute, dessen Temperaturschwankungen sich innerhalb sehr enger Grenzen bewegen, nicht wohl in Betracht kommen.

Hier scheinen vielmehr noch andere Bedingungen vorzuliegen, welche dem Bestande der fraglichen Verbindungen nachtheilig sind und so deren Dissociation herbeiführen; es sei in dieser Hinsicht vornehmlich des Gasdruckes, d. h. der Spannung gedacht, in welcher sich das über der Verbindung stehende in Frage kommende Gas befindet. Schon Gernez (1867) wies nach, dass ein Strom irgend eines indifferenten Gases aus gelösten doppeltkohlensauren Salzen CO_2 austreibt, event. unter Fällung des restirenden Monocarbonats. Auch Gaule zeigte, dass die Spannung einer nicht ganz mit CO_2 gesättigten Lösung von Natriumcarbonat allmählich sinkt, wenn man den Druck der freien CO_2 durch Wegnahme solcher herabmindert. Auch für andere, selbst feste Körper, insbesondere CO_2-Verbindungen, die unter der Wirkung höheren Druckes hergestellt wurden, ist die Dissociation unter der Wirkung verminderten Druckes constatirt worden (Ditte für Anilin und Xylidin-Carbonate). Das Oxyhaemoglobin ferner erlangt seine Bedeutung für den Thierkörper geradezu durch seine Zersetzungsfähigkeit unter dem Nachlass der O-Tension unter 20 *mm* Hg-Druck (s. oben). Es ist endlich nicht undenkbar, dass alle diese Dissociationsvorgänge im Körper in ihrem Zustandekommen in ähnlicher Weise gefördert werden, wie bei der von Deville festgestellten »Umsetzung durch Massenwirkung«, d. h. bei der gegenseitigen Austreibung von Körpern aus ihren Verbindungen, wenn der eine derselben in Uebermenge auf die Lösung des anderen einwirkt; so treibt z. B. ein in eine Kalium-

bicarbonatlösung geleiteter Schwefelwasserstoffstrom CO_2 aus und umgekehrt.

Wenn nach dem Vorgehenden Flüssigkeiten im Stande sind, Gase unter wachsendem Drucke in erhöhtem Maasse aufzunehmen und unter sinkendem Drucke wieder abzugeben, so werden sie ihren momentanen Gasgehalt auch nur so lange beibehalten, als der Partiärdruck, unter welchem sie ein Gas aus der umgebenden Atmosphäre aufnehmen, der gleiche bleibt. Dieser Partiärdruck in Millimeter Quecksilber, welcher herrschen muss, um weder Gas-Aufnahme noch Abgabe seitens der Flüssigkeit erfolgen zu lassen, giebt die Spannung der gashaltigen Flüssigkeit an.

Zur Bestimmung dieser Flüssigkeitsgasspannung bedient sich Pflüger seines Aërotonometers, eines sinnreich eingerichteten Apparates, der in mehreren Glasröhren Blut auffängt, welche mit verschiedenen Gasgemischen von ungefähr der im Blute erwarteten Gasspannung gefüllt sind, um das Blut darin mit diesen Gasgemischen in Gasaustausch treten zu lassen. Das eudiometrisch alsdann auf seine Veränderungen geprüfte Gas lässt die in der Flüssigkeit herrschende Spannung aus den erhaltenen Resultaten unschwer berechnen.

Methoden zur Gewinnung der Blutgase. Wie für den Nachweis des Gasgehaltes in Flüssigkeiten von jeher die Luftpumpe eine gewichtige Rolle spielte, so wurde auch zuerst von Robert Boyle (1636) das Blut durch Auspumpen seiner Gase beraubt, und John Mayow (1674) constatirte weiter, dass das von ihm durch die Luftpumpe, durch Erhitzen und durch Durchleiten eines indifferenten Gases erhaltene Gasgemisch von O und CO_2 gebildet werde Trotzdem bedurfte es danach noch eines Zeitraumes von nahezu zwei Jahrhunderten, um die auf die Erkenntniss der Blutgase bezüglichen zahlreichen Untersuchungen von einigem Erfolge gekrönt zu sehen (Magnus 1845), und so haben erst die letzten drei Dezennien den Physiologen die Mittel in die Hand gegeben, nicht nur die Gase des Blutes ihrer Art nach, sondern auch in der Form ihres Auftretens in den flüssigen und festen Geweben des Körpers zu ergründen und damit auch für die Chemie der Athmung die richtige wissenschaftliche Basis zu beschaffen. Lothar Meyer (1857) gewann die Gase des Blutes mittelst der Bunsen'schen Methode der Entgasung von Flüssigkeiten durch Kochen, indem er die aus dem mit ausgekochtem Wasser verdünnten Blute bei Erwärmung austretenden Gase in einem Sammelrohre auffing, das vorher durch Kochen des dasselbe theilweise erfüllenden Wassers evacuirt war. Ludwig & Setschenow (1859), dann Hoppe-Seyler, Pflüger, Helmholtz, Gréhant u. A. erzielten in Weiterem einen grossen Fortschritt dadurch, dass sie sich behufs Entgasung des Toricelli'schen Vacuums bedienten. Wir beschränken uns hier auf eine kurze Darstellung der

Pflüger'schen Blutgaspumpe. Die wesentlichsten Bestandtheile (vgl Fig. 6) derselben sind die Ludwig'sche Quecksilberluftpumpe *A*, welche von der Kugel *B* aus in leitende Verbindung gebracht ist mit dem seiner Capacität nach bekannten Blutrecipienten *G*, aber das unter Einschaltung einer Anzahl von Nebenapparaten wie der Eudiometer-Röhre *C*, des Manometers *D*, des mit von Schwefelsäure durchtränkten

Bimssteinstücken gefüllten Trockenapparates E und des Schaumgefässes F; alle diese Einzeltheile sind durch Hähne von einander absperrbar, so dass sie einzeln für sich behandelt und doch zum Ganzen verbunden werden können, und theilweis durch Doppelweghähne nach dieser Richtung hin verschliessbar, nach der anderen offen sind. Die Ausführung des Experimentes verlangt eine vorgängige Entgasung des gesammten Apparates. Nachdem man zunächst den Blutrecipienten G für sich allein evacuirt hat, werden auch B, D, E, F luftleer gemacht; es geschieht dies durch Hebung von A unter gleichzeitiger Hahneinstellung a'; dadurch wird die Verbindung mit D abgeschlossen und die in B befindliche Luft durch die in die Quecksilberschale c

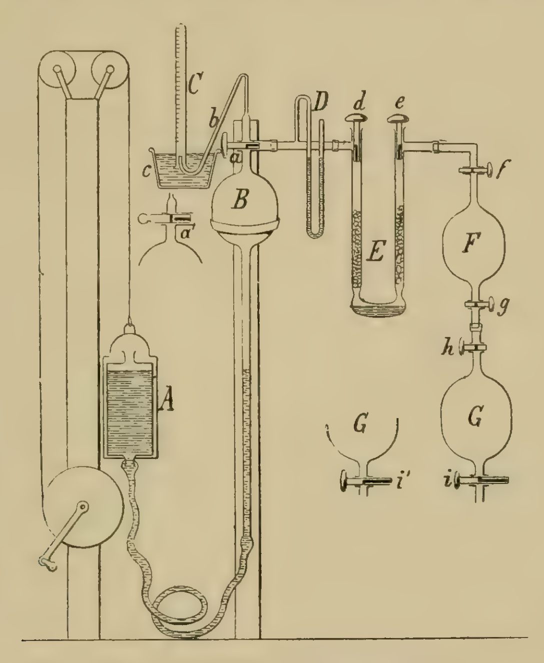


Fig. 6. Pflügers Blutgaspumpe.

A und B Quecksilberbehälter der Gaspumpe, C die in eine Schale mit Quecksilber tauchende Eudiometer-Röhre, D Manometer zur Feststellung des Luftdruckes und der Leitung, E Trockenapparat, F Schaumgefäss, G Blutrecipient. a Hahnstellung behufs Auspumpung der Leitung, a' Hahnstellung zur Ueberführung des Gases in C, b Verbindungsröhre zwischen B und c, c mit Quecksilber gefüllte Schale, d, e, f, g, h Hähne in der Leitung behufs Ermöglichung eines Abschlnsses des einen vom anderen Nebenapparate, i Doppelweghahn zur Ueberleitung von Blut in G, in i' seine Stellung nach Evacuirung von G.

führende Röhre b, auf die zunächst jedoch C noch nicht aufgesetzt ist, verdrängt, da das Quecksilber von A nach B hinüberläuft. Unter nachfolgender Hahnstellung a wird nunmehr Kugel A wieder gesenkt und so die Luft aus D, E, F nach B eingesogen; die damit erfolgende Druckabnahme in der Leitung wird durch Ansteigen des Hg-Niveau's in dem mit ihr verbundenen Schenkel von D angezeigt; unter erneuter Hahneinstellung a' und gleichzeitiger Hebung von A wird die durch die vorhergehende Manipulation in B eingetretene Luft abermals durch b verdrängt und nunmehr die Aus-

pumpung der Leitung in gleichem Wechsel der Einzelhandlungen fortgesetzt, bis jene und mit ihr die eingeschalteten Nebenapparate evacuirt sind, worüber das Manometer Aufschluss ertheilt. — Darauf wird der Blutrecipient *G* mit Blut gefüllt durch Einbindung seines Hahnes *i* in die Vene resp. Arterie des Versuchsthieres; nach sorgfältiger Anfügungan *F* werden die Hähne *h* und *g* geöffnet, und sofort treten die Blutgase unter Schäumen in *F*, *E*, *B* über, bei der Passirung von *E* von mitgeschleppten Wasserdämpfen befreit. Unter wiederholter Inbetriebsetzung der Quecksilberluftpumpe, während deren je mit Hebung von *A* die Hahnstellung *a'* und mit Senkung von *A* die von *a* verbunden wird, werden die Gase nach dem Eudiometer *C*, das mittlerweile auf *b* mit Quecksilber gefüllt aufgestülpt worden ist, hinübergedrängt und vollends aus der Leitung und dem Blute entleert. Dieselben sind somit jetzt in dem Eudiometer gesammelt und können hierin sowohl volumetrisch wie in ihrer quantitativen und qualitativen Zusammensetzung geprüft werden.

Die qualitative und quantitative Bestimmung der Gase erfolgt nach Bunsen'scher Methode. In die noch unter Quecksilber tauchende Eudiometerröhre wird zunächst behufs Absorption der CO_2 eine feuchte, dann zur Aufsaugung der miteingeführten Wasserdämpfe eine trockene Aetzkalikugel gebracht; das Quantum der somit verschwundenen CO_2 wird alsdann durch die Menge des in das Eudiometer wieder eingestiegenen Quecksilbers angezeigt Nachfolgend wird zur O-Bindung eine Phosphorkugel Phosphorsäurebildung), oder eine mit Kaliumpyrogallatlösung getränkte Papiermaché-Kugel eingebracht oder, was noch genauere Resultate geben soll, es wird der O durch Verpuffung mit H gebunden; die dadurch erfolgte Gasvolum-Verminderung zeigt auch jetzt wieder das Quantum des vorhanden gewesenen O an. Der Rest vorhandenen Gases ist reiner N.

Die quantitative Feststellung der Blutgase stösst auf mannigfache Schwierigkeiten, welche die Resultate etwas different erscheinen lassen, abgesehen davon, dass selbstverständlich der Gasgehalt, insbesondere im venösen Blute je nach dem Verbrauch in dem von dem Blute durchströmten Organe schwanken muss. Dazu kommt, dass schon wenige Minuten nach der Blutentnahme in diesem O-Zehrung und selbst CO_2-, sowie H_2S-Bildung eintritt (Pflüger, A. Schmidt, Stroganow). Die sorgfältigen Untersuchungen Ludwig's und Preyer's, Pflüger's und Zuntz', sowie Setschenow's können nichtsdestoweniger als massgebend erachtet werden, zumal diejenigen der letztgenannten Autoren nach »Schnellmethoden« ausgeführt wurden, die postmortale Veränderungen kaum zuliessen.

Wir entnehmen denselben als Ausdruck des mittleren Gasgehaltes folgende Durchschnittszahlen:

a) im **arteriellen** Blute insgesammt 58,3 Vol.-pCt., die sich zu 18,3 pCt. auf O, 1,9 pCt. auf N und 38,1 pCt. auf CO_2 vertheilen (Pflüger); specieller fanden sich:

im Blute des Hundes	57,9 pCt. Gase u. zwar	19,8 pCt. O,	1,9 pCt. N u.	37,0 pCt. CO_2
» » der Katze	43,2 » » » »	13,1 » O,	1,3 » N u.	28,8 » CO_2
» » des Hammels	57,6 » » » »	10,7 » O,	1,8 » N u.	45,1 » CO_2
» » » Kaninchens	49,3 » » » »	13,2 » O,	2,1 » N u.	34,0 » CO_2
» » » Menschen	63,5 » » » »	21,6 » O,	1,6 » N u.	40,3 » CO_2
» » » Huhnes	58,8 » » » »	10,7 » O,	— » N u.	48,1 » CO_2

b) im **venösen** Blute ist die O-Menge um 8,15 pCt. vermindert, das CO_2-Quantum um 9,2 pCt. vermehrt; oder wenn man das venöse Blut des rechten Herzen dem Arterienblute gegenüberstellt, so beträgt das Minus an O = 7,15 pCt. und das Plus an CO_2 = 8,2 pCt. (Zuntz

auf Grund der vorhandenen Analyse). Die N-Menge scheint unverändert zu bleiben.

Diese Differenz in den beiden Blutarten gestattet einen für das Verständniss der Gewebsathmung sehr wichtigen Einblick in die Veränderungen, die das Blut während der Passirung des Kapillargebietes erfährt. Es kann nämlich unzweifelhaft daraus geschlossen werden, dass das Blut in den Kapillaren an O verarmt und an CO_2 bereichert wird, ein Vorgang, der, so lehren mannigfache Erfahrungen (siehe Gewebsathmung) im Wesentlichen von den die Capillaren beherbergenden Geweben unterhalten wird.

Die vielfachen Differenzen, die jedoch das Blut diverser Venen des gleichen Individuums in seinem Gasgehalte bietet, zeigen weiterhin, dass diese O-Zehrung und CO_2-Production nicht in allen Organen gleichen Schritt hält, ja, dass deren Intensität selbst in dem gleichen Organe zu verschiedenen Zeiten verschieden sein kann. Auch die differente Farbe des venösen Blutes bestätigt dies. Während es z. B. aus thätigen Muskeln als dunkelblaue Flüssigkeit zurückläuft, hat das Blut unthätiger Muskeln immerhin eine noch rothblaue Farbe; das entspricht einer geringeren Abnahme des O (i. M. ca. 9 pCt.) und Zunahme der CO_2 (ca. 6,7 pCt.) im venösen Blute der unthätigen gegenüber den arbeitenden Muskeln mit 10—12 pCt. CO_2-Zunahme. In innerer Stoffwechselthätigkeit begriffene, sog. ruhende Drüsen entsenden ein dunkles Blut; in den Venen der sichtbar thätigen, secernirenden Drüsen fliesst ein hellrothes, fast dem arteriellen gleichgefärbtes Blut. Deshalb wird auch erst das Blut der grossen venösen Sammelstämme resp. des rechten Herzens im Zusammenhalt mit dem arteriellen Blute ein Bild von der durchschnittlichen Grösse seines Gesammtgaswechsels entwerfen können.

Ausser dem durch Thätigkeit oder Ruhe in den Organen bedingten grösseren oder geringeren Stoffverbrauch übt nach Finkler auch die Kreislaufsgeschwindigkeit ihren Einfluss auf den Gasgehalt des Blutes aus. Nach ihm soll, die Differenz zwischen Arterien- und Venenblut in demselbem Maasse wachsen, wie die Geschwindigkeit des Blutstromes abnimmt«. Erwärmung des Körpers erzielt das gleiche Resultat, wie Abnahme der Blutstromgeschwindigkeit; Abkühlung vermindert dagegen trotz der damit verbundenen Circulationsverlangsamung in Folge Herabsetzung des Stoffwechsels die Differenz der beiden Blutarten, ebenso die Morphium- und Chloroform-Narkose.

Noch grössere Differenzen zwischen arteriellem und venösem Blute bedingt für den Gasgehalt die Erstickung. Schon bei Eintritt der Reflexlosigkeit des Auges sind im arteriellen Blute nur noch Spuren von O zu finden. Das Blut des erstickten Thieres enthält in Mittelwerthen 0,96 pCt. O, 2,07 pCt. N und 49,53 pCt. CO_2, was nach Pflüger's obigen Zusammenstellungen für das arterielle Blut einem Verluste von 17,3 pCt. O und Gewinn von 11,4 pCt. CO_2 gleichkommt; es ist das ein verhältnissmässiges kleines Plus an CO_2 gegenüber einer absolut weit grösseren O-Abnahme, ein Missverhältniss, welches nur dadurch erklärlich wird, dass die bei der Erstickung

höhere CO_2-Tension im Blute den CO_2-Uebertritt aus den Geweben hindert, die O-Abgabe Seitens des Blutes an diese aber keineswegs stört.

Die einzelnen Gase in ihrer Vertheilung und sonstigen Beziehungen zum Blute anlangend, so ergiebt sich für:

a) den **Sauerstoff** zunächst die Anwesenheit des zweiatomigen O_2, nicht, wie man aus der energischen Oxydationsfähigkeit des Blutes vermuthen könnte, des dreiatomigen (O_3) Ozons. Obwohl Schoenbein, der Entdecker des Ozon, ebenso wie Al. Schmidt u. A. dem Haemoglobin die Fähigkeit der Ozonisirung des O zuschrieben und den Blutfarbstoff zum Ozonerreger qualificirten, so wurde demgegenüber von Pokrowsky und namentlich von Pflüger der vermeintliche Nachweis dieser Fähigkeit des genannten Stoffes als ein irriger erwiesen und diese selbst als eine postmortale durch Spaltungen und Zersetzungen des Hb herbeigeführte dargestellt; ja Binz fand bei Durchströmungsversuchen des Blutes mit O_3 sogar, dass dieser eingreifende Veränderungen im Blute veranlasst, indem er die Blutkörperchen aufbläht und das O-Hb unter schliesslicher Zerstörung der Blutzellen bald in Methaemoglobin umwandelt.

Die Menge des im Blute enthaltenen O, wie sie durch die obigen Zahlen als Durchschnittsgehalt illustrirt wird, entspricht nun selbst im arteriellen Blute nicht ganz dem Sättigungsgrade. Vielmehr lässt Schütteln des Blutes normal athmender Hunde mit Luft immer noch 1—2 pCt. O eintreten (Pflüger), und nur das arterielle Blut apnoischer Thiere hat seinen Sättigungsgrad fast (es nimmt nach Ewald nur etwa noch 0,2—0,4 pCt. O auf), dasjenige venäsecirter Thiere ganz (Otto) erreicht. Dabei ist ferner der O-Gehalt auch des arteriellen Blutes kein constanter; unter Umständen finden sich grosse Unterschiede; nach Pflüger sollen die durch die Athmungsphasen bedingten Differenzen bis zu 2 pCt. betragen; P. Bert fand vor der Tracheotomie 15 pCt., nach derselben 20 pCt. O und mehr. Matthieu und Urbain bewirkten durch Circulationsverlangsamung mittelst Reizung des peripheren Vagusstumpfes Zunahme des O-Gehaltes; die Morphiumnarkose soll ihn herabdrücken. Das venöse Blut ist nur etwa zu 57—60 pCt. mit O gesättigt.

Der Hauptantheil dieses im Blute vorhandenen O ist in lockerer, schon unter der Luftpumpe dissociirender, chemischer Bindung im Oxyhaemoglobin enthalten. Die Menge des absorbirten, also im Wasser des Blutes einfach gelösten Gases ist jedenfalls eine nur sehr geringe; sie erreicht wegen des Salzgehaltes des Blutes voraussichtlich nicht einmal die Quantität, welche in destillirtes Wasser unter sonst gleichen Verhältnissen aufgenommen wird. Zuntz schätzt sie höchstens auf 0,1 pCt. des Blutvolums. Daraus erklärt es sich auch, dass, wie Bert zeigte, die Zunahme der O-Tension den O-Gehalt des Blutes annähernd nur um so viel ansteigen lässt, als dies dem Absorpitionscoefficienten des Wassers für O entspricht. Dagegen sinkt bei Abnahme des O-Druckes nicht blos die mechanisch absorbirte, sondern auch die chemisch gebundene O-Menge im Blute, ein Einfluss, wie ihn in ganz ähnlicher Weise auch steigende Temperatur ausübt.

Die Wirkung der Abnahme des O-Druckes im Umgebungsmedium

wird auch durch die Grösse der Dissociations-Spannung des O im Blute illustrirt. Dieselbe wurde von Strassburg durch Pflüger's Aërotonometer für arterielles Blut in Minimum auf 29,64 *mm*, für venöses auf 22,04 *mm* Hg-Druck festgestellt; Herter zeigte, dass sie jedoch weit höher ansteigen kann; er fand sie in Minimalwerthen zwischen 16,7 und 79,3 *mm* Partiärdruck variirend; Wolffberg endlich giebt für den mittleren Maximalwerth der Dissociationsspannung die Grösse von 27,4 *mm* Partiärdruck an. Es wird damit also ausgedrückt, dass das Umgebungsmedium mindestens einen den angeführten Druckgrössen entsprechenden O-Gehalt (z. B. 2,2—10,44 pCt. nach Herter) führen muss, wenn keine Dissociation eintreten soll; sobald derselbe unter die genannten Werthe herabsinkt, so leidet der O-Gehalt des Blutes Noth, es wird O an die Umgebung abgegeben.

Als von anderen Autoren so gut wie unbeachtet gebliebene Mittheilung ist diejenige von Risler und Schützenberger kurz zu berühren, wonach die Menge des durch das Vacuum dem Blute zu entziehenden O nur etwa der Hälfte des im Blute wirklich enthaltenen Gases entsprechen soll; sie wollen durch Titriren ebenso wie durch Reduction ein fast gleiches Quantum darin noch nach der Auspumpung enthaltenen Sauerstoffs nachgewiesen haben.

b) Die **Kohlensäure**, CO_2. So gut man im Allgemeinen über die Art und Weise, wie der O im Blute enthalten ist, orientirt, so wenig sicher sind die gleichen Verhältnisse für die CO_2 festgestellt. Diese Unsicherheit rührt namentlich von der eigenartigen Erscheinung her, wonach das Blut unter dem Vacuum alle seine CO_2 abgiebt und sogar die Fähigkeit besitzt, die neutralen Alkalicarbonate (Soda) zu zersetzen, während das Serum nur ganz langsam zwar die grösste Menge seiner CO_2 an das Vacuum überliefert, aber doch immer 4,9—9,3 pCt. derselben in fester Bindung zurückhält, die erst durch Mineralsäuren vollends gelöst werden kann (Pflüger 1864). Andererseits hat schon vordem Lothar Meyer (1857) den Nachweis geführt, dass im Blute während des Lebens nicht die Hälfte der CO_2 gefunden wird, welche bei Absorptionsversuchen mit defibrinirtem Blute davon chemisch gebunden wurde. Diese Erfahrungen weisen darauf hin, dass im Blute Stoffe enthalten sind, welche das CO_2-Bindungsvermögen seiner Alkalien beeinträchtigen und andererseits unter Abnahme des CO_2-Partiärdruckes, also im Vacuum Austreibungsfähigkeit für CO_2 erlangen.

Die Natur dieser Stoffe ist vollkommen unbekannt, nur Vermuthungen existiren darüber. Zuntz erblickt z. B. in den letzteren eine sehr schwache Säure neben dem Alkali als Bestandtheil des Blutserums, die als solche nicht auf Lakmus wirken kann, »aber im Vacuum die CO_2 deshalb austreibt, weil jedes frei gewordene Molecül sofort aus dem Bereiche der Reaction entfernt wird«. Da dieselbe ihrem Quantum nach aber nicht hinreiche, auch den Rest der fester chemisch gebundenen CO_2 auszutreiben, so müsse man noch an Stoffe denken, die bei der durch Auspumpung bewirkten Auflösung der Blutkörperchen ins Serum übertretend, auch die fixeren Carbonate zu zersetzen vermögen. Sertoli ferner suchte darzuthnn, dass gewisse Eiweissstoffe, wie Globulin, Serumeiweiss Zersetzungsfähigkeit selbst für

Soda besässen und deshalb auch die fixe CO_2 im Vacuum auszutreiben im Stande wären; dem widerspricht jedoch Hoppe-Seyler, da er jenes von Sertoli ihnen vindicirte Vermögen, wenn überhaupt, nur in sehr geringem Masse bestätigen konnte. Andererseits hat jedoch Setschenow dargethan, dass das Paraglobulin als schwache Säure zu wirken vermag; dasselbe soll noch nach möglichster Beraubung seines Alkali mittelst der Dialyse mehr CO_2 binden können, als seinem Restgehalte an Alkali entspricht und weiterhin bei Gegenwart von mehr Alkali als schwache Säure wirken, welche erst bei höherem Partiärdrucke der CO_2 die Bicarbonatbildung annähernd zu Stande kommen lässt, indem es durch die überschüssige CO_2 selbst ausgetrieben wird. Endlich schreiben die Mehrzahl der Autoren (Preyer, Schöffer, Pflüger, Hoppe-Seyler etc.) den farbigen Blutzellen die Fähigkeit der vollkommenen CO_2-Austreibung ohne Säurezusatz zu. Schöffer demonstrirte, dass die säureähnliche Wirkung dieser Zellen erst das Resultat von deren Zersetzung unter der Luftpumpe sei, und Pflüger constatirte den fördernden Einfluss der Wärme und des O sowohl des arteriellen wie des mit Luft geschüttelten venösen Blutes auf dieses Zersetzungsvermögen für Carbonate, obwohl gerade die fördernde Wirkung des letzteren nur als eine indirecte gedacht werden kann, da die Dissociation der kohlensauren Salze erst eintritt, wenn schon aller O evacuirt war. Preyer recurrirt für die CO_2-austreibende Wirkung der Blutkörperchen an ihren Gehalt an Hämoglobin, indem er annimmt, dass dasselbe vermöge seiner sauren Affinitäten unter Austreibung der CO_2, wie solche im Vacuum thatsächlich erfolgt, mit dem Na der Carbonate selbst in Verbindung tritt.

Die Vertheilung der CO_2 im Blute, auf dessen körperliche Bestandtheile einer- und des Plasma andererseits wurde von Al. Schmidt, Frédéricq, Setschenow, Zuntz a. A. eingehend studirt, aber auch hierin keine übereinstimmenden Resultate erzielt. Es steht zunächst fest, dass auch die Blutkörperchen CO_2 locker chemisch zu binden vermögen, denn es nimmt ein Volumen Gesammtblut fast gerade soviel CO_2 auf als das gleiche Volum Serum (Ludwig und Al. Schmidt) und ausserdem nimmt die CO_2-Aufnahme des Gesammtblutes unter steigendem Drucke anders zu als die des Serums allein (Pflüger und Zuntz). Während aber in Weiterem z. B. Zuntz den Nachweis erbracht hat, dass nach vorheriger Scheidung von Serum und Cruor durch vollkommene Sättigung mit CO_2 in ersterem 237,5 pCt. und in letzterem 307,1 pCt. CO_2, also $^1/_3$ des Volums mehr enthalten waren, und so eine grössere Kohlesäurebindungsfähigkeit des Cruor darthut, nehmen andere Autoren wie Setschenow an, dass der bei Weitem grössere Antheil der CO_2 dem Plasma, ein geringerer nur den Körperchen des Blutes zufällt. Von den ca. 33 Vol.-pCt. CO_2, welche dem mittleren normalen Gehalte defibrinirten venösen Hundeblutes bei 0° und 1 *m* Druck entsprechen, weist er ca. 20—22 pCt dem Serum resp. Plasma, 2,5 pCt. den farblosen und 8—10 pCt. den farbigen Blutzellen zu. Al. Schmidt findet die Blutkörperchen des arteriellen Blutes immer CO_2-haltig, aber die Grösse dieses Gasgehaltes sehr wechselnd, zuweilen bis fast zur Höhe des Gasgehaltes im Serum ansteigend. Ganz besonders das Quantum der in den Körperchen enthaltenen CO_2 soll vom Drucke wesentlich abhängig sein (Setschenow) und lebhaftem Wechsel unterliegen.

Die Form anlangend, in welcher die CO_2 im Blute enthalten ist, so mag ein geringer Theil derselben im Blute einfach gelöst, also rein mechanisch absorbirt sein; der grössere Theil, ja vielleicht die Gesammtmenge ist darin in lockerer oder fixer chemischer Bindung enthalten; deshalb folgt auch die Absorption der CO_2 durch Blut nicht einfach der Druckgrösse, vielmehr nimmt Blut mit reiner CO_2 in Berührung gebracht etwa 70 Vol.-pCt. CO_2 mehr auf, als ceteris paribus ein gleiches Volumen Wassers, während sein Absorptionscoëfficient nach Ausschaltung aller chemischen Affinitäten durch Neutralisation mit starken Mineralsäuren unter demjenigen des Wassers liegt (s. o.). Zuntz giebt an, dass das Serum schon allein so viel Alkali enthalte, als nöthig sei, um über 50 pCt. seines Volums an CO_2 in Form von Bicarbonat zu binden, der Cruor sogar so viel, dass er gegen 100 pCt. CO_2 zu fixiren vermag. Damit schon würde das einfache und doppelt-kohlensaure Alkali das Quantum der chemisch gebundenen CO_2 decken können. Wenn gegen diese Form der CO_2-Bindung von Preyer der Einwand erhoben wird, dass Lösungen, welche absorbirte oder locker gebundene CO_2 enthalten, sauer reagiren, während dem Blute alkalische Reaction zukommt, so machen Pflüger und Zuntz darauf aufmerksam, dass Blut auch bei völliger Sättigung mit CO_2 alkalisch bleibt. Ein gewisses Quantum chemisch gebundener CO_2 würde sich an das Dinatriumphosphat halten können (Fernet), um mit diesem eine krystallinische Verbindung herzustellen (Preyer). Da indessen die Menge des Na_2HPO_4 im Blute eine jedenfalls nur verschwindend kleine (die Hauptmasse des phosphorsauren Natriums der Blutasche rührt aus der Verbrennung des Lecithin her [Hoppe-Seyler und Sertoli]), so dürfte dessen Bedeutung für die CO_2-Bindung weit in den Hintergrund zurücktreten gegenüber dem von Zuntz u. A. in den Vordergrund gestellten Alkali, welches an die Serumglobuline und das Haemoglobin der Blutzellen (Gaule) gebunden ist. Danach würde unter Zunahme der CO_2-Spannung zunächst das Alkali der Serumglobuline, dann das des Hb abgespalten und in Bicarbonat verwandelt werden. Nach Gaule soll dann dieses zunächst den Blutkörperchen zukommende Bicarbonat in das Plasma, den Gesetzen der Diffusion folgend, überwandern, dessen Alkaligehalt steigern und event. mit dem Plasmastrom in die Gewebe hinausgetragen werden können. Endlich wird auch dem Globulin an sich, dann dem Lecithin und Haemoglobin CO_2-Bindungsfähigkeit zngeschrieben, für das letztere vielleicht unter Bildung besonderer für die Bindung der CO_2 geeigneter Körper (Paraglobulin? Setschenow).

Wie gering das Quantum rein absorbirter CO_2 im Blute nur sein kann, geht u. A. auch aus der geringen CO_2-Tension desselben hervor. Strassburg stellte diese mittelst des Aërotonometers für arterielles Blut zu 2,8 pCt. einer Atmosphäre = 21,28 *mm* Hg und für venöses Blut zu 5,4 pCt. = 41,04 *mm* Hg-Druck fest.

3. Der Stickstoff, N, ist durchschnittlich zu 1,4—1,8 pCt. im

Blute enthalten, d. h. in einer Menge, welche dem Absorptionsvermögen desselben (= 0,02 im Schweineblut bei 760 *mm* Hg-Druck und 26° C. [L. Mayer]) entspricht. Sein Quantum steigt und fällt deshalb auch mit dem Partiärdrucke; bei Athmung N-fr Gasgemische verschwindet er gänzlich aus dem Blute (Pflüger).

Aus stehendem Blute, gefördert durch Erwärmen (Thiry) und O-Zutritt (Exner) entweichen Spuren von Ammoniak (Brücke), die vielleicht einem im Blute enthaltenen, aber noch unbekannten Ammoniaksalze entstammen (Kühne & Strauch). Auch etwas Wasserstoff soll dem N des Venenblutes beigemengt sein (Matthieu & Urbain), der vielleicht den Fermentationen im Darminhalt seinen Ursprung verdankt.

Unterschiede zwischen arteriellem und venösem Blute. Wenn auch schon je bei der Besprechung der einzelnen Bestandtheile des Blutes auf die etwaigen Differenzen in deren Gehalt für die beiden Blutarten hingewiesen wurde, so scheint es doch nicht zwecklos, diese hier nochmals kurz zusammenzustellen, um dadurch sogleich einen Einblick in die Veränderungen zu erlangen, welche das Blut auf seiner Bahn durch den Körper erfährt, Differenzen, die nebenher auch einen Schluss auf die Bedeutung des Blutes gestatten. Dieselben sind übrigens, und darauf sei hier von vornherein hingewiesen, keine constanten, sondern ausser von den allgemeinen Bedingungen der Blutmetamorphose erscheinen sie in einzelnen Venen noch von der Sonderthätigkeit der von dem fraglichen Blute durchströmten Organe abhängig.

Als einer der augenfälligsten und constantesten Unterschiede ergiebt sich derjenige der Farbe; der grössere O- und damit alleinige Oxyhaemoglobin-Gehalt lässt das arterielle Blut hellroth und monochromatisch, der gleichzeitge Gehalt an reducirtem Hb neben jenem das venöse Blut dunkelroth und dichroitisch erscheinen. Ausnahme hiervon macht in der Regel nur das Blut der »thätigen« Speicheldrüse, das auch als venöses seine hellrothe Farbe noch an sich trägt. Damit ist schon der grössere O-Gehalt des arteriellen gegenüber dem venösen Blute angedeutet, welch letzteres sich in Rücksicht auf den Gasgehalt auch noch durch eine reichere Menge CO_2 auszeichnet. Der Wassergehalt ist im arteriellen Blute höher als im venösen, beim Pferde z. B. 78,94 pCt. gegenüber 78,65 pCt. Simon (das Gegentheil ergaben die Untersuchungen Clément's und Béclard's), daher denn auch das specifische Gewicht des ersteren geringer sein soll als das des letzteren (Nasse). Von festen Bestandtheilen erfahren bei dem Uebergange des arteriellen in das venöse Blut eine Verminderung das Fibrin, die Extractivstoffe, die Salze und der Zucker, eine Vermehrung der Harnstoff (das Nierenvenenblut führt nur etwa $^1/_3$—$^1/_2$ des Harnstoffs des Nierenarterienblutes) und die Zahl der Blutkörperchen, keine constante Veränderung die Eiweisskörper und die Fette (?). Das Verhältniss der weissen zu den rothen Blutkörperchen scheint in einzelnen Venen ein weiteres als in den Arterien. Die Temperatur des Blutes ist in den inneren Körper-

venen höher als in den Arterien, in den oberflächlichen Venen geringer. Grösserer CO_2-Gehalt lässt das venöse Blut langsamer gerinnen als das arterielle.

Die Bedeutung des Blutes.

Die hier und dort zerstreuten Bemerkungen über die Differenzen zwischen arteriellem und venösem Blute, sowie die in Vorstehendem gebrachte Zusammenstellung über die Veränderungen, welche das Blut auf seiner Bahn durch den Körper erleidet, sind an sich schon geeignet, die allgemeine Bedeutung dieser Flüssigkeit als des Ernährungssaftes des Körpers im weitesten Sinne des Wortes vermuthen zu lassen. Wir fügen deshalb hier nur noch andeutungsweise bei, dass es als Träger aller für den Chemismus der Gewebe erforderlichen Stoffe und somit als der wichtigste Ueberbringer des zur Unterhaltung des Stoffwechsels und dadurch auch der Leistungen des Körpers dienenden Materiales functionirt. Gleichzeitig aber sammelt es auch die ihm von den Geweben direct oder durch die Lymphe übermittelten »Schlacken« und führt sie den Ausscheidungspforten zu; damit wird es auch zum Träger der Producte der regressiven Metamorphose, wie sie von den thierischen Geweben fort und fort unterhalten wird (s. Stoffwechsel).

In Erfüllung der ersterwähnten Function übernimmt das Blut:

1. die Zufuhr des hierfür benöthigten O. Dieser Aufgabe entspricht das Haemoglobin der farbigen Blutzellen: Die geringe Festigkeit der Verbindung beider Körper ermöglicht dabei einmal die leichte Entstehung derselben durch einfachen Contact bei schon niederem Partialdrucke und andererseits die grosse Dissociationsfähigkeit derselben bei weitgehender Abnahme dieses Druckes in den Capillaren; sie führt damit den Uebertritt des frei gewordenen O an die chemisch thätigen Bestandtheile der Gewebe und Organe herbei.

2. Das Blut hat ferner die Bestimmung der Zufuhr der vom Verdauungstractus dem Körper überlieferten festen und flüssigen Nährstoffe. Dieselben, theils auf dem Wege der Endosmose und Filtration (Eiweisskörper, Kohlehydrate, Salze und Wasser), theils durch active Zellenthätigkeit (Protoplasmacontractilität für Fette) aus dem Darmlumen in die Gewebssäfte des Darmes übertretend, werden dann von dem Blute aufgenommen und hierin die einen durch dessen körperliche Elemente (Blutkörperchen als Träger der Peptone uud zum Theil auch Fette), die anderen als Bestandtheile des Blutplasmas (Zucker, Rest der Fette, Salze etc.) auch in die äusserste Peripherie des Körpers hinausgeschafft, um hierselbst von den Unterhaltern des thierischen Stoffwechsels zur eigenen Ernährung, zur Bildung neuen Gewebes (Wachsthum) und heterogener Stoffe (Drüsensecrete) und zur Production von Arbeit verwerthet zu werden.

Zu diesem Behufe begiebt sich ein Flüssigkeitsstrom, untermengt mit farblosen Blutzellen, aus den feinsten, bis zu den Elementen der

Organe vordringenden Blutgefässen in die Gewebe hinaus, um so als Gewebssaft oder Parenchymflüssigkeit diesen die erforderlichen Substanzen zuzuführen.

Aber dieser Gewebssaft, wie er die Bausteine der Gewebe durchspült, schwemmt auch die in diesen entstandenen »Schlacken« mit fort und wird, indem er durch die Lymphgefässe wieder zum Blute zurückkehrt, zum Ueberbringer einer Summe überschüssiger, für den Bestand des Körpers werthloser, ja gefahrbringender Stoffe. Nach der Aufnahme dieser führt das Blut die Auswurfsstoffe den Ausscheidungs- oder Excretionsorganen zu, indem es

3. die gasförmigen unter ihnen in Lunge und Haut dem Umgebungsmedium überliefert. Die CO_2 (vielleicht auch eine Spur N) theils absorbirt, theils lose chemisch gebunden in reichem Uebermasse in dem in diesen Organen circulirenden Blute enthalten, wird alsbald an die, das Gas in weit geringerem Quantum führende Luft abgegeben (s. Gaswechsel, Athmung). Die Unbeständigkeit der CO_2-Lösungen und der doppeltkohlensauren Salze unter der Wirkung eines geringeren Partiärdruckes als desjenigen, unter welchem sie sich gebildet haben, fördert diese Dissociation in ähnlicher Weise, wie nach obigem die des O-Hb in den Capillaren.

4. Die flüssigen und festen unter den Auswurfsstoffen ereilt ihr Schicksal grösstentheils in den Nieren (Harnstoff, Harnsäure und zahlreiche andere Eiweissabkömmlinge, aromatische Substanzen und Hippursäure, Wasser und viele Salze), ein Rest davon wird in Lunge, Leber und Haut (Wasser etc.) zur Ausscheidung gebracht, und deshalb nimmt ja auch das Blut der Venen dieser Organe eine Sonderstellung ein.

Die Menge und Vertheilung des Blutes.

Angesichts der grossen Bedeutung, welche das Blut in dem Haushalt des thierischen Körpers erlangt, war die Frage nach der absoluten Menge des Blutes sowohl wie nach der Relation, welche zwischen ihr und dem Körpergewichte besteht, nicht blos dem Physiologen, sondern auch dem practischen Arzte wegen der mit übermässiger Ab- oder Zunahme des Blutquantums einhergehenden Schädigungen des Körpers in hohem Grade interessant.

Bestimmung der Blutmenge. Die ältesten Bestimmungen der Blutquantität fussen als rein empirische auf der Menge des bei getödteten Thieren und bei hingerichteten Verbrechern ausfliessenden Blutes (Herbst 1822 Weber & Lehmann 1853, Bischoff 1855). Sie sind für Thiere, abgesehen von Einzelversuchen, systematisch von Colin und neuerdings von Heissler*) in grosser Zahl ausgeführt worden. Danach erhielt Colin durch Verbluten im Mittel aus vielen Hunderten von Versuchen bei Pferden ca. $^1/_{18}$, bei Rindern $^1/_{30}$, bei kleinen Wiederkäuern $^1/_{25}$, bei Schweinen $^1/_{28}$, bei Hunden $^1/_{18}$, bei Katzen $^1/_{28}$, bei

*) Heissler, Zur Lehre von der Plethora, Dissertation unter dem Präsidium von Prof. Dr. Bollinger. Stuttgart 1886.

Kaninchen $1/_{32}$ und bei Vögeln $1/_{29}$ des Körpergewichts incl. Magen- und Darminhalt.*) Heissler entleerte dagegen durch freiwilliges Verbluten und nachfolgendes Auskneten der Theile bei Pferden ca. $1/_{15}$, bei Rindern nicht ganz $1/_{18}$, bei Schafen etwas über $1/_{18}$, bei Schweinen $1/_{33}$ des Reingewichtes (d. i. Körpergewicht minus dem [bei Pferd 8,72 pCt., bei Schafen 13,07 pCt. des Lebendgewichtes betragenden, also sehr beträchtlichen, bei Fleischfressern naturgemäss weit geringeren] Magendarminhalt). Die wirkliche Blutmenge würde sich aus diesen Resultaten exact berechnen lassen, wenn man die Menge des wirklich ausfliessenden und ausgepressten Blutes im Verhältniss zu dem im Körper zurückbleibenden Blutquantum genau kennen würde. Dafür fehlen indessen genügende Anhaltspunkte. Heidenhain berechnet dasselbe für Verblutungsblut (ohne ausgeknetetes) zu Gesammtblut = 1 : 1,5 – 2,5; Panum berechnet es auf 1 : 1,5. Danach würde sich die durchschnittliche Gesammtblutmenge nach den Heissler'schen Untersuchungen beim Pferde auf $1/_{10}$, beim Rinde auf $1/_{13}$, beim Schafe auf $1/_{12}$, beim Schweine auf $1/_{22}$, beim Hunde auf $1/_{11}$ des Körperreingewichts belaufen.

Die Ungenauigkeit der angedeuteten Methode wegen des Zurückbleibens einer augenscheinlich recht beträchtlichen ($1/_3$ der Gesammt-) Menge von Blut im Körper beim Tode durch Verblutung einsehend, wendete sich Valentin (1838) einer chemischen Methode zu; er stellte einen Vergleich zwischen dem in einem bestimmten Blutvolum enthaltenen Quantum fester Bestandtheile mit demjenigen, welches sich in dem gleichen Blutvolum ergiebt, nachdem vorher eine Blutverdünnung mit bekannten Volumen Wassers durch Infusion in eine Vene vorgenommen worden war. Indess auch diese Methode konnte keine befriedigenden Resultate zu Tage fördern, da das destillirte Wasser keineswegs, wie vorausgesetzt, eine gleichmässige Verdünnung der gesammten Blutmasse erzielt, sondern bald endosmotische Vorgänge hervorruft, welche Grund zu viel zu hohen Resultaten werden.

Den meisten Anspruch auf Zuverlässigkeit kann zweifellos die Methode Welcker's (1854) in ihrer Verbesserung durch Heidenhain (1857) erheben. Das durch Verbluten des seinem Gewichte nach bekannten Thieres gewonnene Blut wird gemessen, defibrinirt und mit Kohlenoxydgas gesättigt; darauf wird der Rest des in den Gefässen zurückgebliebenen Blutes mit 0,6 pCt. Kochsalzlösung ausgespült und endlich das ganze Cadaver (excl. Darminhalt und Galle) zerhackt und mit Wasser extrahirt Spülwasser und Körperextract werden zusammengemischt und müssen nun auf ihren Blutgehalt durch optische Blutproben untersucht werden, und das geschieht mittelst des Haematinometers oder auf spektrocolorimetrischem Wege. Man sättigt z. B. eine bestimmte Menge des Gemisches extrahirten und ausgespülten Blutes mit CO und bringt sie in ein Haematinometer; in einem zweiten solchen Apparate wird dann das unverdünnte Blut so lange mit Wasser versetzt, bis beide Fluida die gleiche Farbenintensität besitzen. Aus der Menge dieses zu dem reinen Blute nothwendig zuzusetzenden Wassers wird das Quantum des im Spülwasser etc. enthaltenen Blutes leicht berechnet und so durch die Addition beider Grössen die Gesammtmenge des Blutes gefunden.

Dazu haben Gréhant & Quinquaud (1882) eine neue Methode gefügt; sie

*) Die in Colin's Traité de physiologie comparée des animaux, III. Edit., Paris 1888, Bd. II, pag. 585 angeführten Mittelzahlen scheinen direct aus der 2. Auflage entnommen zu sein und stimmen deshalb nicht mit denjenigen überein, welche er als das Mittel seiner eigenen bis zum Erscheinen der 3. Auflage scheinbar bereicherten Untersuchungen unter geringen Aenderungen erhalten und in den Tabellen der pag. 587—593 niedergelegt hat.

lassen das Versuchsthier von einem Volumen homogenen Gases einathmen, welches CO in bestimmter geringer Quantität enthält; nach einer Viertelstunde wird das im Athmungsgas restirende CO gemessen und so das in die Blutmasse aufgenommene Gasvolumen erhalten. Danach wird die in 100 *cc* Blut, welches gleichzeitig mit Sistirung des Versuches entnommen wird, enthaltene CO-Quantität bestimmt; jetzt ist es leicht möglich, durch einfache Regel-de-tri daraus das gesammte Blutquantum zu berechnen, da das in den Körper übergetretene Gas nur von dem Haemoglobin gebunden wird und sich auch in der gegebenen Athmungszeit leicht gleichmässig im ganzen Blute vertheilen konnte.

Blutmenge. Die nach verschiedenen Methoden erzielten Resultate sind nun in Mittelwerthen

für das Pferd $^1/_{15}$ ($^1/_{18}$ Colin, $^1/_{13}$ Hering, $^1/_{10}$ Heissler) = 6,7 pCt. (9,75 pCt.)
für das Rind $^1/_{13}$ = 7,71 pCt
für das Schaf $^1/_{12}$ = 8,01 pCt.
für das Schwein = $^1/_{22}$ = 4,60 pCt (Heissler)
für den Hund = $^1/_{13}$ ($^1/_{11}$ — $^1/_{18}$) = 5,5 — 9,1 pCt.)
für die Katze = $^1/_{10}$—$^1/_{20}$ = 4,6—9,6 pCt.
für das Kaninchen = $^1/_{20}$ = 5 pCt.
für Vögel = $^1/_{10}$—$^1/_{13}$ = 7,6—10 pCt.
für Frösche = $^1/_5$—$^1/_{10}$
für Fische = $^1/_{14}$—$^1/_{19}$

} des Körper- resp. Reingewichts.

Die von Heissler berechnete grosse Blutmenge des Pferdes wird von Bollinger auf den relativ geringen Fettgehalt des Körpers und die kräftig entwickelte Muskulatur zurückgeführt und hat teleologisch wohl in der grossen Leistungsfähigkeit resp. in den hohen Anforderungen an dessen mechanische Thätigkeit ihren Grund. Den geringen Blutgehalt des Schweines erklärt dessen im Allgemeinen grosser Fettreichthum.

Die Schwankungen in dem Blutquantum innerhalb einer Thierspecies werden theilweis bedingt durch Körpergewicht, Geschlecht, Ernährung und Constitution, Trächtigkeit etc. Die absolute Blutmenge z. B. wächst mit dem Körpergewicht, aber ohne dass damit gleichzeitig auch Zunahme der relativen Blutmenge Hand in Hand ginge. Das wird u. A auch schon durch die oben ausgeführte Erfahrung von der relativ geringeren Blutmenge fetter, gemästeter Schweine gegenüber mageren und leichteren Individuen bestätigt. Ausserdem werden als die Zunahme der Blutmenge bedingende Momente angeführt: männliches Geschlecht, kräftige Constitution und Ernährung (im Hungerzustande nehmen Körpergewicht und Blutquantum nicht in gleichem Verhältniss, sondern ersteres schneller, letzteres langsamer ab), Trächtigkeit, etwas längere Zeit der Abnabelung nach der Geburt etc.

Blutentziehungen und deren Folgen. Die Pathologie hat gezeigt, dass die Menge des Blutes sehr bedeutende Verluste erfahren kann, ohne dass dauerndere nachtheilige Folgen erwachsen. Der Wiederersatz erfolgt namentlich hinsichtlich des Blutwassers sehr schnell (in wenigen Stunden bei mässigen, in 1—2 Tagen bei aus-

giebigen Blutentziehungen), etwas langsamer derjenige der körperlichen Blutbestandtheile; in der Zwischenzeit bestehen erst Hydraemie (Blutwässrigkeit), dann Oligokythaemie (Mangel an körperlichen Bestandtheilen überhaupt) und zuletzt Leukokythaemie (Mangel an rothen Blutkörperchen allein). Die Regeneration ist je nach der Grösse der Blutentziehungen in 7—34 Tagen herbeigeführt. Während dieser Zeit machen sich, abgesehen von der durch den Blutmangel bedingten Schwächung des Organismus, Specialwirkungen auf Einzelfunctionen des Körpers geltend. Vorübergehendes, sich aber mit Ausgleichung des Blutquantums wieder beseitigendes Sinken des Blutdruckes, Beschleunigung der Circulation und Abnahme der Blutmenge besonders auch in der Nähe der Gefässeröffnungsstelle. Nebenher kommt es zur Abnahme der Drüsensecretionen und der Leistungsfähigkeit in der ganzen animalen Functionssphäre, Verminderung der Stoffwechselgrösse und event. Vermehrung des Fettansatzes.

So weitgreifend aber die Wirkungen einzelner grösserer oder wiederholter kleinerer Aderlässe sind, so können sie doch ohne irgend welche Lebensgefahr dem Körper mindestens $^1/_5$ seines Blutes entziehen. Der Tod trat nach Colin erst ein beim Pferde und Hunde nach Blutverlusten, die $^1/_{12}$—$^1/_{25}$ des Körpergewichts betrugen, beim Schafe nach solchen von $^1/_{18}$, beim Schweine von $^1/_{19}$—$^1/_{39}$, bei der Katze von $^1/_{15}$—$^1/_{46}$, beim Kaninchen von $^1/_{23}$—$^1/_{44}$ des Körpergewichts. Je nach der Körpergrösse wird sich also das Verhältniss des tödtlichen Blutverlustes zu dem absoluten Blutquantum verhalten = 1 : 2,3 etc; ein kleines Pferd von 200 *kg* wurde z. B. schon getödtet durch Entziehung von 11,5 *kg* Blut, doppelt so schwere durch Verlust von 16—19 *kg*, Pferde von 500 *kg* Gewicht durch solchen von 26 — 33 *kg* das Lamm von 2 *kg* fällt schon nach Entziehung von weniger als 100 *g*, zur Tödtung des ausgewachsenen Schafes bedarf es dazu einer solchen von 2—3 *kg*; der junge Hund unterliegt schon bei einem Minus von 100 *g*, grosse Hunde dagegen nicht ohne solches von 2 *kg* etc. Das sind Mengen, welche je etwa die Hälfte oder mehr des gesammten Blutes darstellen.

Bluttransfusion. Wie eine event. sehr weit gehende Verminderung des Blutes ohne dauerndere Nachtheile ertragen wird, so gestattet der Körper auch eine künstliche Vermehrung desselben bis zu 83 pCt. des ursprünglich Vorhandenen durch das Blut der gleichen oder einer sehr nahe verwandten Thierart innerhalb eines und desselben Genus; sind aber Blutempfänger und Blutspender im System weiter von einander entfernt, als z. B. Esel und Pferd (Milne-Edwards), Hund und Fuchs und Kaninchen und Hase (Landois), so lösen sich die Blutkörperchen des transfundirten Blutes auf und geben Veranlassung zu Embolien, Gerinnungen, Blutungen und damit zu Störungen in der Gewebsernährung. Andernfalls entfalten die Blutkörperchen ihre Lebenseigenschaften im Blute, um jedoch allmälig darin zu Grunde zu gehen (Worm-Müller). Schneller noch als die Zahl der Blutkörperchen kehrt die Gesammtmenge des durch die Transfusion vermehrten Blutes zur Norm zurück; schon nach 3 bis 5 Tagen ist diese wieder erreicht. Als physiologische Folgen ergeben sich Ansteigen des O-Gehaltes im Blute des Empfängers durch die plötzlich eintretende Haemoglobin-Zunahme, Erhöhung des Blutdruckes und der Innentemperatur wohl in Folge vermehrter Stoffwechselthätigkeit, die wieder auf den baldigen Uebertritt des Plasmas des transfundirten Blutes in die Gewebe zurückgeführt werden muss. Aeusserlich documentiren sich die letzteren Vorgänge durch anwachsende Harnstoff.

ausscheidung. Die Gesammtheit dieser Erscheinungen hat die Therapie sich der Bluttransfusion bedienen lassen zur Beseitigung hochgradiger Anämien und Blutverluste, Vergiftungen etc.

Wie die Vermehrung der Blutmenge, so wirkt auch die Infusion von Kochsalz in 0,6 procentigen Lösungen günstig auf Blutdruck und Circulationsgeschwindigkeit dann, wenn in Folge von Bluteindickung oder von starken Blutverlusten der Kreislauf in seinem Mechanismus nothleidet. Selbst nach der Verblutung wird bei Kaltblütern die Thätigkeit automatischer Organe wie des Herzens wieder angefacht, das Individuum vorübergehend dem Leben gewissermassen zurückgegeben (»Salzfrösche«).

Die **Vertheilung des Blutes** im Körper d. h. die Menge desselben in den einzelnen Organen steht in directer Relation zu der Grösse von dessen Stoffwechsel und kann deshalb auch im gleichen Organ mit diesem steigen oder fallen. Daher sind die Gefässe sehr stoffwechselreicher Organe weit, und dabei wieder im Zustande der Thätigkeit weiter und praller gefüllt, als in dem der Ruhe. J. Ranke stellte denselben in der Weise fest, dass er bei toten gefrorenen Thieren die Organe ohne Blutverlust abtrennte und ihren Blutgehalt nach der Welcker'schen Methode bestimmte; er band auch die zu- und abführenden Gefässe noch intra vitam ab und trennte die Theile dann vom Körper.

Auf Grund solcher Untersuchungen ergab sich, dass bei ruhenden, liegenden, erwachsenen Kaninchen in den grossen Kreislaufsorganen, in der Leber, in den ruhenden Muskeln, in den übrigen Organen je ein Viertel der Gesammtblutmenge enthalten ist.

Während der Thätigkeit kann aber die Blutmenge des betr. Organes bedeutend ansteigen, so die des Bewegungsapparates des Kaninchens bei Muskelaction von 36 pCt. auf 66 pCt. der Blutmenge; die Verdauung lässt dagegen den Blutgehalt des gleichen Apparates ab- und denjenigen der Verdauungsorgane zunehmen; da damit gleichzeitig eine Functionsab- resp. Zunahme verbunden ist, so pflegt man von einem »Thätigkeits- oder Functionswechsel« der Organe zu sprechen.

Berichtigung zu S. 183.

Auf Zeile 3 von oben muss es heissen statt *ccm*: *cmm.*
» » 8 » » » » » » $^1/_{4000}$: $^1/_{400}$.

Der Kreislauf des Blutes.

Von

Dr. M. Sussdorf,
Professor in Stuttgart.

Die Aufgabe des Blutes besteht, wie aus dem vorigen Kapitel ersichtlich, im Wesentlichen in einer Vermittelung des gesammten Stoffverkehrs zwischen den Organen behufs Zuführung des zu deren Unterhaltung und Thätigkeit nöthigen Nahrungsmaterials und Hinwegführung der in ihnen gebildeten »Schlacken«, d. h. der werthlosen Oxydations- und Zerlegungsproducte.

Um dieser Bestimmung gerecht werden zu können, befindet sich das Blut in ständiger Bewegung innerhalb der Blutbahnen, eines Systemes allseitig geschlossener, weitverzweigter und in sich selbst zurückkehrender Röhren. In demselben wird ein jedes Bluttheilchen immer und immer wieder von den Stätten der Erneuerung seines Bestandes zu den verschiedensten Theilen des Körpers geführt, um nach Abgabe seiner ernährenden wie verbrauchten Bestandtheile abermals zu jenen zurückzukehren. In diese Bahn ist als treibender Motor das Herz eingefügt; von dessen linker Kammer gelangt das Blut durch die grossen Arterien, die Verzweigungen der Aorta, zur Peripherie, den Capillargebieten, um von hier aus durch die Venen der rechten Herzhälfte zuzuströmen. Den Ausgangspunkt seiner Bewegung erreicht es erst unter Vermittelung des Lungengefässsystemes, indem es von dem rechten Ventrikel durch die Lungenarterie in die Lungen und von da durch die Lungenvenen in das linke Herz getrieben wird.

Damit durchläuft das Blut eine Kreisbahn, in welcher es abwechselnd das Capillarsystem des Körpers und dann der Lunge passiren muss (William Harvey 1628); das eine dieser ergänzt das andere zum geschlossenen Kreise, dessen Ausgangs- und Endpunkt das Herz ist.

A. Der Gesammt-Kreislauf.

Der Gesammt-Kreislauf umfasst:

a) Den grossen Kreislauf, dessen Zubehör der linke Herzventrikel und seine Abflussbahn, die Aorta, deren sämmtliche Verzweigungen, die Capillaren und Venen mit deren Abschluss in dem rechten Atrium darstellen und

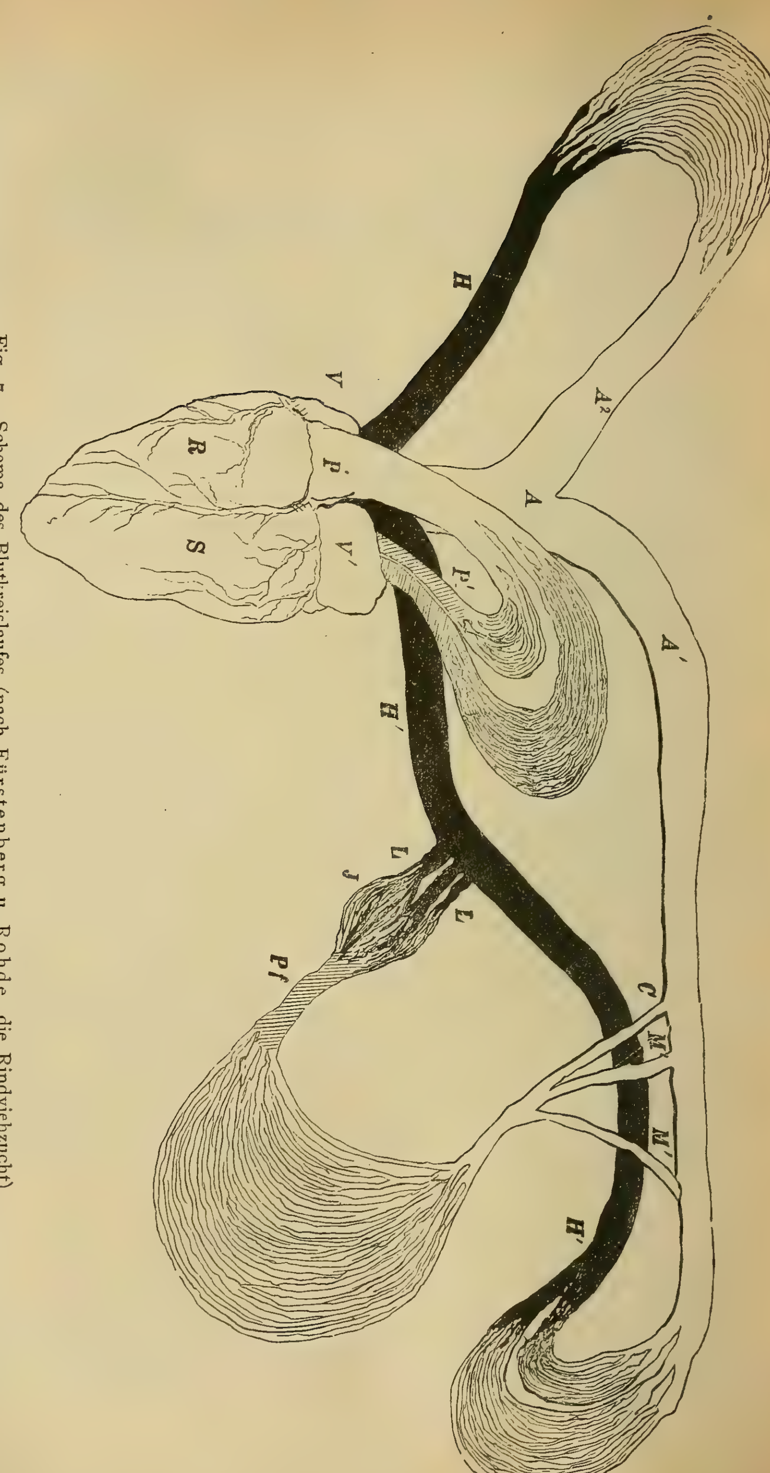


Fig. 7. Schema des Blutkreislaufes (nach Fürstenberg u. Rohde, die Rindviehzucht).
V Atr. dextr., *R* Ventric. dext., *V'* Atr. sinistr., *S* Ventric. sinist., *A* Trunc. aortic. commun., *A'* Aort. infer., *A²* Aort. super., *C* Art. coeliac., *M* Art. mesenteric. super., *M'* Art. mesenteric. infer., *H* Ven. cav. super., *H'* Ven. cav. infer., *Pf* Ven. port., *J* deren Kapillargebiet in der Leber, *L L* Vv. hepat., *P* Art. pulmonal., *P'* Ven. pulmonal.

b) den kleinen oder Lungenkreislauf, zu welchem die rechte Herzkammer, die Lungenarterie mit ihren Abzweigungen, das respiratorische Lungencapillarsystem, die Lungenvenen und das linke Atrium zählen.

c) Als ein Anhang des ersteren erscheint der »Pfortaderkreislauf«; er nimmt alle jene Bluttheilchen auf, welche die unpaarigen Abzweigungen der Bauchaorta zu den Bauchverdauungsorganen incl. Milz führen, und überliefert sie der aus den venösen Abflussbahnen dieser sich sammelnden Pfortader, die sie der Leber mit ihrem so complicirten Capillarsystem (Pfortadercapillarsystem) zuträgt. Erst nachdem das betreffende Blut dieses zweite Haargefässgebiet durchschritten hat, strömt es der hinteren Hohlvene mittelst der Lebervenen zu, um sich so dem Blute des grossen Kreislaufes wieder beizumischen.

Nach alledem hält in den Arterien das Blut jederzeit eine centrifugale, in den Venen eine centripetale Stromrichtung inne (Thierarzt la Reina 1552) und es ist so nicht die Farbe und Beschaffenheit des Blutes das Kriterium dafür, ob in diesem oder jenem Gefässe eine Arterie oder Vene vorliegt, sondern darüber entscheidet die Stromrichtung: alle Gefässe mit centrifugaler Stromrichtung sind Arterien, alle Gefässe mit centripetaler Strömung Venen.

Den Bewegungsimpuls geben Differenzen in der Grösse des Druckes innerhalb der Blutbahnen ab. Nach hydrodynamischen Gesetzen strömt das Blut wie jede Flüssigkeit von der Stelle des höheren Druckes zur Stelle des niedrigeren Druckes. Die erstere findet es in den Wurzeln der Arterien (Aorta wie Pulmonalarterie), die letztere in den Mündungen der Venen (Hohl- wie Lungenvenen). Die wichtigste Rolle in der Unterhaltung dieser Druckdifferenz übernimmt das Herz, es stellt so den eigentlichen Motor, das Triebwerk des Blutstromes dar.

B. Das Herz als Motor des Blutstromes.

Anatomische Vorbemerkungen. Das Herz, ein muskulöses Hohlorgan, bildet zwei miteinander verwachsene, aber (excl. Embryonalleben) nicht miteinander communicirende Abschnitte des Gefässsystemes, deren linker in das Arterien-, deren rechter in das Venensystem eingeschaltet ist; eine Scheidewand, das Septum atriorum et ventriculorum, schliesst sie hermetisch von einander ab. Jede dieser beiden Herzhälften zerfällt in den Vorhof und in die Kammer; der erstere empfängt das Blut aus zuführenden Venen, die letztere sendet es in die abführende Arterie. Beide Hälften beherbergen in ihrem Innern ventilartige Vorrichtungen, Klappen, deren eine an der Atrioventrikulargrenze, deren andere an der Arterienwurzel angebracht ist. Durch ihre Vermittelung wird das Blut bei regelmässiger Aktion des Herzens in regelmässigem Laufe von dem venösen zu dem arteriellen Ostium erhalten. Beide Herzhälften stehen einerseits mit dem Lungen-, andererseits mit dem Körperkreisaufe in Verbindung; dieser entspringt von dem linken Ventrikel und endet an dem rechten Atrium, jener beginnt von dem rechten Ventrikel

und schliesst mit dem linken Atrium ab; dadurch communiciren beide Hälften indirekt auch miteinander, dadurch ergänzen sich die beiden »Kreisläufe« gegenseitig zum geschlossenen Kreise.

Im Specielleren besteht die rechte Herzhälfte aus rechtem Vorhof und rechter Kammer, beide verbinden sich durch die rechte Atrioventricularöffnung, welcher an ihrem Umfassungsringe die dreizipfelige Klappe angefügt ist. Drei von der Innenfläche des rechten Ventrikels sich erhebende Papillarmuskeln senden ihre Sehnenfäden zu je zweien der Zipfel dieser Klappe. In die rechte Vorkammer ergiessen sich die Hohlvenen und die Herzvenen; von dem rechten Ventrikel entspringt die Lungenarterie, an ihrer Wurzel drei halbmondförmige Klappen tragend, welche mit der Arterienwand ebensoviele (Valsalva'sche) Taschen bilden.

Die linke Herzhälfte scheidet sich in linkes Atrium und linken Ventrikel; die beide verbindende linke Atrioventricularöffnung hat eine nur zweizipfelige, die Mitralklappe, aufzuweisen; auch deren Zipfel sind von Rändern und Kammerfläche aus vermittelst der Chordae tendineae an jeden der beiden Papillarmuskeln fixirt. Die linke Vorkammer nimmt die Lungenvenen auf, die linke Kammer entsendet die Aorta, deren Zugang in gleicher Weise wie jenen der Pulmonalarterie drei halbmondförmige Klappen verschliessen können.

Der Bau des Herzens bietet Aehnlichkeiten mit jenem eines Blutgefässes. Man kann in dieser Hinsicht das Endokard der Intima, das Myokard der Media und das Perikard der Adventitia an die Seite stellen (vgl. histologische Abtheilung dieses Werkes pag. 466 ff.). Physiologisch von Wichtigkeit ist insbesondere der Unterschied in den Elementarbestandtheilen des Myokards. Im Gegensatz zu der glatten Muskulatur und den elastisch-bindegewebigen Elementen, welche in der Media der Gefässe gegeben sind, finden sich hier dicke Lagen quergestreifter, aber nicht willkürlich, sondern nur nach Art der Skeletmuskulatur sich energisch contrahirender Muskelfasern. Das Vorhandensein zahlreicher Abzweigungen, das Durcheinander der reichlichen Faserzüge erschweren dabei das Studium ihres Verlaufes derart, dass die Ansichten über Verlaufsrichtung etc. noch äusserst getheilt sind.

Verlaufsrichtung der Muskelfasern: a) An den Vorkammern. Verhältnissmässig einfach gestaltet sich die Anordnung der Muskelfasern noch an den Vorkammern. Dieselben, die buchtig erweiterten Enden der zuführenden Venen darstellend, zeigen im Wesentlichen die dort vorhandenen zwei Lagen einer horizontal und einer vertical verlaufenden Faserschicht. Erstere liegt oberflächlich und ist beiden Vorkammern gemeinsam, indem sie sowohl an der concaven wie convexen Parthie der Aussenwand derselben von dem einen auf das andere Atrium übergeht. Gegen die Herzohren hin gabeln sich ihre Bündel, um jedes Herzohr in Spiraltouren von oben und unten her zu umfassen. Die Verticalschicht liegt tiefer, unter dem Endokard; ihre Fasern, deren Verlauf durch denjenigen der Fleischbalken angedeutet wird, kreuzen sich in ihrer Richtung mit den erstgeschilderten spitz- und rechtwinkelig; rechtwinkelig insbesondere mit jenem horizontalen Faserzuge, welcher als eine Art Schliessmuskel je über der Atrioventricularöffnung kräftiger entwickelt ist. Von der tieferen Lage treten auch feine Muskelbündel in die Zipfelklappen hinein. Das Septum atriorum zeigt ausser ihnen als Sonderheit noch einen sphinkterartigen Muskelzug, welcher die Fossa ovalis, das jetzt geschlossene Foramen ovale des Embryo, umkreist. Ein Uebergang der Vorkammermuskulatur auf die Kammer findet nirgends statt, die Faserringe der Atrioventricularöffnung bilden die strikte Grenzscheide zwischen beiden — eine physiologisch-wichtige Thatsache, welche die ungleichzeitige Action beider Abschnitte der gleichen Herzhälfte ermöglicht. Die in die Vorkammern einmündenden Venen sind, wie die obige Be-

merkung lehrt, auch mit Muskulatur ausgestattet. Besonders kräftig und ausgedehnt erscheint dieselbe in der Ven. cav. super. (Lower'scher Sack), in den Lungenvenen kann sie bis an die Lungenwurzel (ja bei einzelnen Säugern, wie Affe, Ratten, Maus, Fledermaus mehr oder weniger weit bis in die Lunge hinein) verfolgt werden (**Räuschel, Elischer, Stieda, Arnstein** u. A.).

b) An den Kammern erklären sich die verwickelten Verhältnisse aus dem so eigenthümlichen Entwickelungsgange dieses Organtheiles. In dem ursprünglich einfachen mit äusseren Circulär- und inneren Longitudinalfasern ausgestatteten Schlauchabschnitt bildet sich unter gleichzeitig spiraliger Aufkrümmung ein Septum aus, welches den Schlauch zweitheilt. Damit sind die Bedingungen für folgende Verlaufseigenthümlichkeiten gegeben: 1. Zugehörigkeit eines Theiles der Muskulatur zu beiden Kammern, 2. Uebergang eines Horizontal- oder Verticalfaserzuges durch spiralige Umbiegung in die entgegengesetze Verlaufsrichtung, 3. Einbeziehung der Fasern der Aussenwand in die Masse des Septum ventriculorum.

Danach ergiebt sich für die linke wie rechte Kammer eine Dreischichtung der Muskulatur. In der äusseren und inneren Schicht verlaufen die Fasern in der Hauptsache der Longitudinalrichtung nach, in der Mittelschicht ziehen sie mehr transversal. Die Fasern erscheinen nach Henle aber nur als der seitliche Rand von Blättern, die bis zu gewisser Tiefe von der Schnittfläche trennbar sind, aber dann durch gegenseitigen Faseraustausch anastomosiren. Das ist auch der Grund des Ueberganges von ursprünglich vertical verlaufenden Fasern in horizontale, wie das vielfach vorzukommen scheint, ohne dass man daraus auf einen allmählichen Uebergang der äusseren Verticalschicht in die Horizontalschicht und dieser wieder in die innere Verticalschicht schliessen dürfte. Die beiden Lagen longitudinaler Fasern halten keinen der Axe des Herzens durchaus parallelen Verlauf inne, vielmehr kreuzt die Richtung der äusseren diejenige der inneren Longitudinalfasern spitzwinkelig; an der Spitze des linken Ventrikels biegen die längsverlaufenden Fasern der äusseren Schicht, in dem Herzwirbel zusammentretend, um, dringen in die Tiefe der Herzwand ein und steigen gegen die Papillarmuskeln empor, um in diesen ihr Ende zu erreichen. Auch in der Scheidewand der Kammern sind die Verhältnisse ähnliche; ihre Hauptmasse bilden die Transversalfasern, dieselben werden jedoch sowohl gegen die linke wie gegen die rechte Kammer durch perpendiculäre Fasern gedeckt, wie solche auch an den Seitenwandungen des Herzens unter dem Endokard liegen. Alle diese von den Fasern repräsentirten platten Bänder lagern mit ihren Flächen übereinander, ihre Schneide resp. Seitenkante gegen die Oberfläche des Herzens richtend, am Conus arteriosus dagegen kehren sie bei hauptsächlichem kreisförmigen Verlaufe ihre Flächen der Axe des Rohres zu (Henle).

Das Verhalten der Muskelfasern, so wie es im Vorstehenden geschildert, erklärt zunächst die Möglichkeit einer isochronen Action der beiden Vorkammern einer- und der beiden Kammern andererseits, ohne dass die Thätigkeit von Atrien und Ventrikeln zusammenfallen muss; sie macht weiterhin eine allseitig drückende Wirkung der Herzwandungen auf die Inhaltsflüssigkeit durch Verengerung wie Verkürzung des Innenraumes verständlich und bietet auch den Grund für die während der Kammeraction stattfindende Abflachung der Papillarmuskeln.

I. Die Thätigkeit des Herzens.

Methode der Beobachtung. Die Beobachtung der Fundamentalerscheinungen der Herzthätigkeit gelingt schon an dem ausgeschnittenen Herzen des Kaltblüters

z. B. eines Frosches, da dasselbe vor Eintrocknung geschützt stundenlang in seinem Rhythmus fortarbeitet. Vollkommenere Prüfung aller Einzelactionen erfordert die denkbar möglichste Erhaltung normaler Verhältnisse; am besten gelingt dies durch mediane Spaltung des Sternum bei jungen Schweinen und Eröffnung des Herzbeutels ohne gleichzeitige Verletzung der Pleuralsäcke, oder vermittelst linkseitiger Eröffnung des Thorax in der Herzregion, nach hoher d. i. nahe dem Gehirn erfolgter Durchschneidung des Rückenmarkes und Einleitung »künstlicher Athmung«.

Der Herzmechanismus. Die Herzthätigkeit ist eine rhythmische, in regelmässigen Pausen wiederkehrende, sie besteht in abwechselnder Contraction und Erschlaffung der Herzmuskulatur. Jede einzelne Herzaction, Herzschlag, pulsus cordis setzt sich aus 3 Acten zusammen: Systole (συστέλλειν, zusammenziehen) oder Zusammenziehung, Diastole (διαστέλλειν, auseinanderziehen) oder Erschlaffung und Pause. Zeitlich vollführt sich diese Thätigkeit jedoch so, dass die Systole der Vorkammern zusammenfallend mit dem Ende der Diastole der Kammern den ersten, die Systole der Kammern synchron mit der Erschlaffung der Atrien den zweiten und die Pause in Coincidenz mit Erschlaffung des Gesammtherzens den dritten Akt bildet.

Die Einzelphasen des Herzschlages. a) Die Systole der Vorkammern markirt den Anfang der Herzaction; durch Verengerung des Innenraumes drängt das Atrium in schnell fortschreitender, aber energieloser Contraction, den grössten Theil seines Inhaltes in den zugehörigen Ventrikel. Selten nur führt die Vorkammersystole zur vollkommenen Ausstossung des Vorhofsblutes, meist werden nur $^2/_3$—$^3/_4$ derselben (mehr noch in der Regel vom linken als vom rechten Atrium) der zugehörigen Kammer zugesandt (Colin). Den Rücktritt des Blutes aber in die Venen verhütet sowohl der Ablauf der Contraction, welche das Blut von den Venenenden und aus dem Herzohre kammerwärts forttreibt, wie die sich ebenfalls zusammenziehende Muskulatur der Venenenden selbst. Mit dem Uebertritt des Vorkammerinhaltes in den Ventrikel, der schon während der Ruhepause neues Blut in sich aufgenommen hatte, wird dessen Füllung vollendet und als letzter Akt der Vorkammerthätigkeit werden durch Contraction der in die Atrioventricularklappen tretenden Muskelfasern die Zipfel derselben über dem Kammerinhalte emporgehoben (Paladino) und angespannt, um mit beginnender Kammersystole sofort als Abschluss gegen die Vorkammer functioniren zu können. Die Vorkammerthätigkeit erreicht damit noch vor Beginn der Kammeraction ihr Ende; bei grossen Säugern, deren Herzfrequenz eine geringe, bleibt zwischen beiden eine für den aufmerksamen Beobachter wohl wahrnehmbare Pause übrig (Colin).

b) Die Kammercontraction. Die Kammercontraction, bei grossen Thieren erst nach beendeter Systole atriorum, bei kleinen Thieren schon während dieser beginnend, führt zu einer Pression des Blutes derart, dass dasselbe, sich zwischen Zipfelklappen und Kammerwand fangend, die vorher mehr der Kammerwand angedrängten Atrioventricular-

klappen vollends emporhebt und um so inniger mit ihren Rändern aneinanderpresst (Sandborg und Worm-Müller), je grösser der Druck des sich contrahirenden Herzens. Dieser von unten her wirkende Druck würde ohne Weiteres zu einem Umschlagen der Klappen in die Vorkammer führen, wenn anders dieselben nicht durch die Chordae tendineae gehalten würden (Kürschner). Wie die Thaue das vom Wind geschwellte Segel fixiren, so fassen auch die Sehnenfäden an den freien Rand und die Kammerfläche der Klappenzipfel an, um, da jeder von ihnen von zweien der Papillarmuskeln Fäden erhält, nicht blos festgehalten, sondern auch angespannt, »gestellt« zu werden. Die gleichzeitige Abflachung der sich mit der Gesammtmuskulatur zusammenziehenden Warzenmuskeln fördert diese Anspannung und Fixirung um so mehr und paralysirt ferner die bei der Verkürzung des sich contrahirenden Herzens andernfalls erfolgende Annäherung der Papillenspitzen an die Klappen, sie verhindert damit die Emporwölbung derselben gegen den Vorhof. Das alles zusammen giebt den Grund ab, weshalb die Klappen in dieser ihrer Function mit segelartig wirkenden Selbstverschlüssen verglichen und »Segelventile« geheissen werden (E. H. Weber). Sie bilden durch ihre Aneinanderlagerung so eine vollkommene, annähernd horizontal gestellte Scheidewand zwischen Atrium und Ventrikel, welche an dem rechten Ostium venosum dreitheilig, an dem linken dagegen zweitheilig erscheint. — Mit Verlegung der Atrioventricularöffnung ist dem Blute der Rückweg in den Vorhof abgeschnitten, es muss sich den anderen einzig möglichen Ausweg suchen und drängt so gegen die nur durch den Druck der darauf lastenden Blutsäule geschlossen gehaltenen Semilunarklappen an dem arteriellen Ostium. Unter Ueberwindung desselben öffnen sich die genannten Klappen, das Blut fliesst in die Arterie ab, das von vorher darin befindliche Fluidum gegen die Peripherie verdrängend. Die Entleerung scheint eine vollkommene (Rollett u. A.), schon mässige Wölbung der Klappen gegen den Vorhof (und ihr entgegenzuarbeiten sind ja die die Klappenspannung bewerkstelligenden Vorrichtungen [s. o.] bestimmt) würde allerdings das Zurückbleiben eines Restes von Blut im Ventrikel ermöglichen (Sandborg und Worm-Müller). Nach der Austreibung des Blutes verharrt der Ventrikel scheinbar noch einen Moment in der Systole (Moens, Baxt), und gerade dies ist der Zeitpunkt, welcher nach Ceradini (1871) dem Schlusse der Semilunarklappen dient. Die Ansichten über diesen Vorgang selbst und den Augenblick seines Eintrittes sind getheilt.

Die meisten älteren Physiologen verlegen ihn mit E. H. Weber an den Anfang der Diastole ventriculi und sehen den Grund desselben in dem Wegfall des Druckes, mittelst dessen das Blut in die Arterien hinausgetrieben wurde. Der Nachlass dieses Druckes, so folgern sie, hat es zur Folge, dass das in der Arterie unter bedeutender Spannung stehende Blut in die eben verlassene Kammer zurückstrebt. Dabei fängt sich dasselbe jedoch in den Taschenräumen, drängt die Halbmondklappen von der Arterienwand, an die sie sich während des Blutdurchströmens angeschmiegt hatten, ab

und lässt sie sich so mit ihren Rändern fest aneinander legen; dadurch verschliessen sie das arterielle Ostium in Form einer von oben her dreifach eingesenkten, von unten durch einen dreistrahligen Stern durchfurchten Scheidewand, in deren Centrum die aneinander treffenden Noduli Arantii liegen. Jede Klappe hat sich bei dieser Aufstellung mit dem zugehörigen Abschnitt der Arterienwand zu einer weit offenen Tasche eröffnet, daher der von E. H. Weber den Halbmondklappen gegebene Name »Taschenventile«. Dem gegenüber kann man aus Ceradini's Untersuchungen folgende den Klappenschluss herbeiführende Momente entnehmen: 1. Es besteht in einer Flüssigkeit, die eine Röhre durchströmt, in der Stromaxe neben der grössten Geschwindigkeit der geringste Druck, an der Röhrenwand bei geringster Geschwindigkeit der grösste Druck; deshalb schon wirkt von der Peripherie her auf die Arterienoberfläche der Klappen ein derartiger Druck, dass jederzeit das Streben dieser bestehen wird, sich axenwärts zu neigen. Fällt nach der Entleerung der Kammer gar der Axendruck ganz weg, so bleibt der Klappe gar nichts Anderes übrig, als diesem Drängen zu folgen, sich also soweit möglich herzwärts umzulegen. 2. Auf experimentellem Wege lässt sich leicht demonstriren, dass durch den systolischen Blutstrom über der peripheren Klappenfläche eine Wirbelströmung erzeugt wird, welche jenen überdauernd die Klappen bei dessen Unterbrechung momentan schliesst; ein Kraftzuwachs wird ihr dabei noch durch die stossweise Verlängerung der grossen Blutgefässe zu Theil, welche das in dem Bulbus arteriosus befindliche Blut in einer der Strombewegung entgegengesetzten Richtung zurückwirft. Endlich muss für den Mechanismus des Klappenschlusses auch noch dem Umstande Rechnung getragen werden, dass das durch den Bluteintritt überdehnte Arterienrohr sich nach dessen Sistirung und centrifugaler Weiterverschiebung der Blutsäule wieder zurückzieht und so die Klappen an dem Inhalte sich fangen, die Taschen sich eröffnen lässt. Moens endlich findet die Ursache des Klappenschlusses in der Rücksaugung des Blutes in den Momenten, wo sich der nach der plötzlichen Entleerung der Kammer entstehende negative Druck (s. pag. 225) in die Arterie fortpflanzt.

c) Diastole und Pause. Nach Ablauf der Systole beginnt die Diastole ventriculi. Die ad maximum contrahirten Fasern lassen nach und kehren zu ihrer Ruheform zurück. Der vordem durchaus verlegte Kammerraum wird in Folge dieser Relaxation der Muskelfasern wieder zugänglich, die Muskulatur setzt anderweitigen Triebkräften, wie auf die Innenfläche des Herzens wirkendem Drucke oder an dessen Aussenfläche angreifendem Zuge, keinen anderen, als den auch der Kammermuskulatur eigenen elastischen Dehnungswiderstand entgegen. Und dies ist auch der Zeitpunkt, während dessen die Füllung nicht blos der Vorkammern, die, wie oben bereits auseinandergesetzt, schon während der Systole ventriculorum ihren Anfang genommen hatte, fortgeht, sondern innerhalb dessen auch die Füllung der Ventrikel beginnt; Vorhof und Kammer bilden jetzt und auch noch in der Pause einen gewissermaassen gemeinsamen Raum, der erst mit der nächsten Ventrikelcontraction wieder in zwei Unterabtheilungen geschieden wird.

Auch während der sich an die Herzerschlaffung direct anschliessenden Herzpause oder Herzruhe dauert die Füllung des Herzcavums noch fort. Das Organ bereitet sich damit zu erneuter Thätigkeit vor, die es

nach Ablauf eines je nach der Herzfrequenz verschieden langen Intervalles wieder in der soeben geschilderten Weise beginnt. Von Neuem spielen sich daran alle die einzelnen Akte der Atrien-, dann der Ventrikelsystole mit folgender Diastole und Pause ab

Die Triebkraft für den Eintritt des Blutes in die erschlafften Herzräume ist eine Art Saugkraft, welche von dem Herzen nicht als eine active auf die Nachbargefässe ausgeübt wird, sondern ihm als eine passive zukommt, resultirend aus seiner bei der Systole eintretenden Formveränderung, der die Diastole ausmachenden Erschlaffung der Herzmuskulatur und endlich seiner Abhängigkeit von dem intrathorakalen Drucke. Magendie (1837) verlegte in das Herz die saugende Kraft des zusammengedrückten und sich nachfolgend vermöge seiner Elasticität wieder erweiternden Gummiballons und auch C. Fick hat die Elasticität der Herzwände als ein Lumen bildendes Moment angesprochen. Dieser Vergleich ist indessen nicht ganz zutreffend insofern, als es zur Bildung einer Lichtung auch im erschlafften Herzen nicht kommt Eine solche aspiratorische Kraft äussert das Herz nur als passive, wenn die Herzmuskulatur ihren Verkürzungswiderstand aufgiebt. Es wirken dann in der angedeuteten Weise 1. der Druck in den Hohl- und Lungenvenen, der grösser ist als der Druck in den Vorhöfen und Ventrikeln nach ihrer Erschlaffung; 2. der negative oder Aspirationsdruck intra thoracem (s. u.), welcher als eine Folge des elastischen Zuges der Lungen die aneinander liegenden Wände des erschlafften Herzens jetzt, wo sie nicht mehr resistent sind, voneinander zu ziehen bestrebt ist und das um so mehr, je mehr die Lunge ausgedehnt erscheint, und 3. hat einen gewissen Antheil an der Ueberführung des Blutes in den Vorhof die saugende Wirkung der bei der Ventrikelsystole herabsteigenden (Purkinje 1843, Nega 1851) Herzbasis (s. unter Formveränderungen des Herzens), welche sich auch in den benachbarten Venen (Jugularis) durch eine mit der Vorhofsdiastole zusammenfallende Abnahme des Blutdruckes kundgiebt (Weyrich). Es ist das der Grund, warum gerade während der Ventrikelsystole der Zufluss des Blutes aus den zur Brusthöhle laufenden Venen in die Vorhöfe ein beschleunigter ist. Die Ventrikelsystole wirkt damit drückend und saugend zu gleicher Zeit. 4. Mit beginnender Diastole steigt die Herzbasis wieder in ihre Ruhelage auf und zieht so die Ventrikelwand über eine Portion Blutes hinweg, welche vordem schon im Atrium ruhte, jetzt aber rein passiv und ohne Eigenbewegung in die Kammer zu liegen kommt (Rollett).

Die Thatsächlickeit einer diastolischen Saugkraft des Herzens glaubten Goltz und Gaule (1878) dadurch beweisen zu können, dass sie rasch nach der Systole einen negativen Druck von — 52 *mm* Hg im linken und von — 17,2 *mm* Hg im rechten Ventrikel natürlich athmender Hunde finden. Moens hat indessen gezeigt, dass dieser negative Druck nicht mit der Diastole, sondern mit dem Ende der systolischen Umformung des Herzens zusammenfällt; er wie Marey führt ihn auf den leeren Raum zurück, welcher durch die plötzliche Entleerung des Ventrikels ent-

stehen und sofort wieder verschwinden soll, wenn die Wände des Herzens sich am Ende der Systole wirklich aufeinander pressen; damit falle auch der negative Druck hinweg.

Es ist nach Obigem erklärlich, wenn man behufs Versinnlichung des Vorganges den Mechanismus des Herzens mit demjenigen einer in eine Kreisbahn eingeschalteten Saugdruckpumpe verglichen hat; in ihr tritt an die Stelle der diastolischen Herzerweiterung die Saugkraft des sich im Stiefel hebenden und an die der systolischen Herzverengerung die Druckkraft des herabgedrückten Stempels. Die Ventilvorrichtungen der Pumpe widersetzen sich der Rückkehr der Flüssigkeit in den eben von ihr verlassenen Raum ebenso, wie im Herzen die Klappen. Mit einigen Abänderungen arbeitet das Herz etwa nach folgendem Schema (vgl. dazu Fig. 8): Senkung des Stempels in dem Druckgefäss *A* lässt die Flüssigkeit in *V* übertreten, die gleichzeitig saugende Wirkung von *V*, in dem sich ja jetzt der Stempel hebt, fördert den Flüssigkeitseintritt auch von dem Rohrabschnitt *v* her; die vis a tergo, welche, die Flüssigkeit in der Richtung weitertreibend, hier noch fortwirkt, und die Saugkraft von *V* verhüten

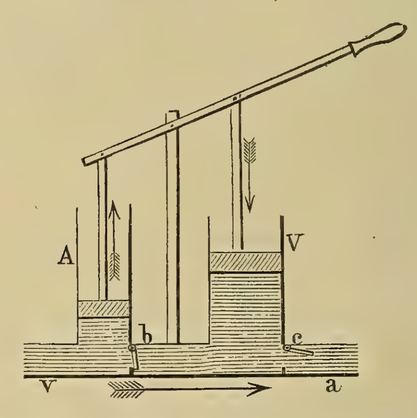


Fig. 8. Saugdruckpumpe zur Versinnlichung des Herzmechanismus.
A Atrium, *V* Ventrikel, *v* zuführende Vene, *a* abführende Arterie, *b* Atrioventricular-, *c* Semilunarklappen.

den Rückfluss der Flüssigkeit aus *A* nach *v*, ebenso wie derjenige der Flüssigkeit aus *a* in *V* durch das sich jetzt schliessende Ventil *c* verhindert wird. Der Act gleicht also der Systole atriorum. Bei nachfolgender Senkung des Kolbens in *V* wird die Flüssigkeit aus diesem in die Röhre *a* gepresst, während sich das Ventil *b* schliesst; synchron damit füllt sich *A* wieder an, da die Senkung des Stempels in *V* die Hebung desjenigen in *A* unmittelbar zur Folge hat; Effect der Systole ventriculorum.

Bedingungen für die Regelmässigkeit des Pumpmechanismus. Es bedarf kaum eines Hinweises darauf, dass der Ablauf wie Erfolg des Pumpmechanismus in der oben geschilderten Regelmässigkeit durchaus gebunden ist 1. an eine regelmässige Functionirung der einzelnen im Herzen gegebenen mechanischen Vorrichtungen, wie auch 2. an ein unbehindertes Strömen des Blutes durch die Bahnen des Gefässsystemes.

In ersterer Beziehung sind es insbesondere Anomalien in der Beschaffenheit der Herzklappen und Herzostien, dann aber auch in dem Rhythmus der Einzelactionen, welche zu Circulationsstörungen Anlass geben. Defecte (Insufficienz) z. B. der Aortenklappen ermöglichen ein Regurgitiren des Blutes in die linke Kammer; die-

selbe entleert sich somit niemals ganz und steht dauernd unter der Wirkung des sich retrograd aus der Aorta auf sie fortpflanzenden Druckes; daraus resultirt allmählich Dilatation (Erweiterung) der linken Kammer und Massenzunahme (Hypertrophie) von deren Muskulatur behufs Compensation des durch die Stauung bedingten Ueberdruckes in der Kammer; die Störung kann ihre Folgen selbst bis in die Bahnen des Lungenkreislaufes sich fortsetzen lassen, wie in ganz ähnlicher Weise auch die Insufficienz der Lungenarterienklappen neben den sonstigen Veränderungen (Dilatation und Hypertrophie) des rechten Herzens Stauungserscheinungen bis in die Hohlvenen hinein erzeugt. Aehnliche Folgen haben die bezüglichen Defecte der Atrioventricularklappen für die zugehörige Vorkammer und die stromaufwärts gelegenen Kreislaufsgebiete.

Unwegsamkeit oder Einengung grösserer arterieller Gefässe oder weiterer Capillargebiete in der Peripherie üben eine mächtige Rückwirkung auf die Thätigkeit des Herzens und damit auch auf seine anatomische Beschaffenheit aus. Die chronisch interstitiellen Nieren- oder Leberentzündungen z. B., die zur Verlegung weiterer Gefässausbreitungen in den fraglichen Organen führen, veranlassen Hypertrophie des linken Herzens und eventuell auch Stauungserscheinungen in den Lungen; solche in den Lungen rufen Massenzunahme der Muskulatur des rechten Ventrikels und gelegentlich auch Hindernisse im Abfluss des Blutes aus den grossen Körpervenen hervor. Immer sucht sich das Herz dabei den gesteigerten Anforderungen, welche an dasselbe als Triebwerk des Blutes gestellt werden, zu accomodiren, es compensirt bis zu gewissem Grade die Hindernisse durch Zubildung neuer Arbeitskräfte.

II. Form- und Lageveränderungen des Herzens, Herzstoss, Herztöne und sonstige Erscheinungen der Herzthätigkeit.

Die Thätigkeit des Herzens kommt durch eine Summe von Erscheinungen zum Ausdruck, die sich als Form- und Lageveränderungen des Organes, als Erschütterung der Brustwand, als Erzeugung von Tönen, Venenpuls u. a. m. vollziehen. Ihr Studium ist nicht allein von physiologischem Interesse, vielmehr kommt die genaue Kenntniss derselben und ihrer hier nur kurz zu berührenden Abweichungen auch dem Praktiker zu Gute; sie bietet ihm werthvolle Anhaltspunkte für die Diagnose der Krankheiten und sein therapeutisches Handeln. Wir verfolgen zunächst

a) **die Form- und Lageveränderungen des arbeitenden Herzens.** Das ruhende Herz bildet einen seitlich comprimirten, in der unteren Hälfte der Brusthöhle im Bereiche des 3.—6. Interkostalraumes gelegenen, etwas mehr nach links gewendeten Kegel. Seine nach oben gekehrte und schwach nach vorwärts abfallende Basis stellt ein längliches Oval dar, dessen längerer Durchmesser sagittal, dessen kürzerer Durchmesser quer von rechts nach links gerichtet ist; seine Spitze liegt ungefähr senkrecht unter dem hinteren Ende der Basis etwas oberhalb der Herzfläche des Brustbeins Ein vorderer und hinterer Rand, eine linke und rechte Seitenfläche begrenzen das ruhende Herz; von den letzteren berührt keine die ihrerseitige Seitenbrustwand; eine rechts breitere, links schmälere Parthie der Lunge schiebt sich je zwischen die betreffende Herzfläche und die Brustwand hinein; links wird von derselben ein beim Pferde etwa handtellergrosser Abschnitt der seitlichen Herzbeutelfläche unbedeckt gelassen. Die Axe des Herzens, d. i. die Verbindungslinie zwischen Mittelpunkt der Basis und Herzspitze zieht demnach in der Herzruhe schräg von oben, vorn, rechts nach hinten, unten, links. Die Vorkammern decken die Basis des Kammertheiles des Herzens von rechts her flach muschelförmig.

Betrachtet man das arbeitende Herz und zwar in der Aufeinanderfolge der Einzelakte, so beobachtet man zunächst

α) eine Abnahme des Gesammtumfanges der Vorhöfe, die schon mit den Venenwurzeln ihren Anfang nimmt. Unter Verengerung dieser verkürzt sich jedes Atrium sowohl nach seinem Längs-, wie nach seinem Höhendurchmesser. Während sich dabei der rechte Vorhof in der Richtung nach hinten, der linke in jener nach vorn gegen seine Basis zurückzieht, senkt sich der obere Rand herab, der untere gleitet über der Kranzfurche empor. Der ganze Vorhof richtet sich also mehr auf, sein in der Ruhe schräg von rechts unten nach links oben gelegener Höhendurchmesser stellt sich mehr senkrecht auf die Herzbasis.

β) Auch der systolische Ventrikeltheil des Herzens zeigt Form- und Lageveränderungen, die insbesondere für die Basis auffallend sind. Durch die Contraction der gesammten Ventrikelmuskulatur gestaltet sich der in der Diastole seitlich comprimirte zu einem niedrigeren und gleichmässiger gerundeten Kegel um, seine vordem ovale Basis wird fast kreisrund (Arnold, Ludwig) und rückt nicht unbedeutend herab. Dabei vermindert sich das Herzvolumen nach allen Dimensionen (Voit, Colin); am meisten ist die Verkleinerung bei den Einhufern für den Durchmesser von vorn nach hinten ausgeprägt, hinreichend wahrnehmbar ist sie auch für den Querdurchmesser, und das vornehmlich im Bereich der Herzmitte, weniger an der Herzbasis. Die Verminderung des Höhendurchmessers des Herzens resultirt aus dem Herabsteigen der Basis gegen die Spitze und einer beim Pferd freilich höchst unbedeutenden (Colin), beim Hunde dagegen merklichen, nach Colin ca. 1 *cm* betragenden Erhebung der Herzspitze gegen die Basis. Eine Annäherung der Seitenflächen des Herzens an die Seitenbrustwandungen kommt dabei im Bereiche der oberen zwei Dritttheile des Organes nicht zu Stande, wohl aber im Bereiche des unteren Dritttheils und bei den Fleischfressern (nicht aber bei den Pflanzenfressern) unter Betheiligung der Herzspitze. Dieselbe ist die Folge der gleichzeitig sich ereignenden Verdickung und bei den Fleischfressern sich noch dazu gesellenden Abbiegung der Herzspitze nach vorn und links sowie einer besonders bei den grösseren Thieren ausgesprochenen spiraligen Drehung des Herzens um seine Längsaxe von rechts nach hinten und links, so dass der ehemals hintere Rand im Momente der Systole mehr nach der linken Seitenbrustwand sich wendet. Das Herz wird dabei fest und hart und die Contraction erfolgt energisch, so dass die aufgelegte Hand wie weggestossen wird.

Die Ursache des Herabrückens der Herzbasis sucht man in der Verkürzung der Fasern sowohl, welche die Basis der Spitze, wie umgekehrt diese der Basis näher bringt, und ferner in einer Verlängerung der grossen Blutgefässstämme, welche als die Folge des Uebertrittes weiteren Blutes in die schon mit Blut gefüllten, ja überfüllten Gefässe als Theilerscheinung der allgemeinen Erweiterung sich ereignet (Sénac u. A.). Die spiralige Drehung des Herzens dagegen wird meist auf den schwach gewundenen Verlauf der Lungenarterie um die Aorta zurückgeführt, in Folge

dessen das Herz sich um die in der Verlängerung der Aorta gedachte Axe entsprechend der Verlängerungsrichtung der Pulmonalarterie drehen muss, d. i. eben in der Richtung von rechts nach hinten und links (Kornitzer).

Die nächsten Folgen der geschilderten Form- und Lageveränderungen des Herzens sprechen sich in Erscheinungen aus, die als Erschütterungen von dessen unmittelbarer Nachbarschaft zu deuten sind. Wir gedenken hier

b) zunächst des **Venenpulses**. Man beobachtet zuweilen schon bei gesunden Thieren an den oberflächlich gelegenen Venen in der Nähe des Herzens z. B. in der Iugularis eine eigenartige, mit dem Herzschlage synchrone Wellenbewegung, welche von deren centralem Ende eine meist nur kurze Strecke gegen die Peripherie fortschreitet, den Venenpuls. Landois, der ihn für den Menschen genauer prüfte, findet in demselben die Einzelheiten der Herzbewegung ausgeprägt. Er erklärt ihn durch die Erschütterung, welche das Blut in der Drosselader durch die Vorhofssystole erfährt und die Möglichkeit einer solchen sieht er in dem Mangel von Klappen an den Venenmündungen. Verstärkt denkt er sich denselben durch die plötzliche Spannung der mit Beginn der Ventrikelcontraction sich schliessenden Tricuspidalklappen. Landois hat denselben auch mittelst eines Fühlhebels (s. u. Kardio- und Sphygmographie) graphisch dargestellt (Phlebigramm) und die Einzelhebungen in der als graphischer Ausdruck dieser Wellenbewegung erscheinenden Kurve mit den Einzelphasen der Herzaction in ursächlichen Zusammenhang gebracht. Es leuchtet ein, dass die Hebung der Venenwand um so bedeutender ist, je kräftiger das Herz arbeiten muss, also bei Hindernissen im Lungenkreislauf oder auch bei Defekten der rechten Atrioventricularklappe, die ein Regurgitiren von Blut aus der Kammer gestattet. Der Venenpuls dient dem Kliniker daher auch als diagnostisches Hilfsmittel (Haubner, Friedberger-Fröhner, Dieckerhoff).

Eine von der Landois' abweichende Auslegung des Venenpulses giebt nach dem Vorgange Purkinje's und Nega's Weyrich der eigenthümlichen Erscheinung, die er negativen Venenpuls nennt. Wie oben mitgetheilt, rückt die Herzbasis während der Systole ventriculorum gegen die Herzspitze herab, um nach vollendeter Contraction wieder in die frühere Lage zurückzukehren. Dieses wechselnde Auf- und Absteigen kann nicht wirkungslos bleiben gegenüber dem Blutzufluss. Das Heraufrücken der Atrioventriculargrenze befördert Vorhofsblut rein passiv in die Kammer (s. o.); durch das Herabsteigen derselben während der Systole dagegen wird ein aspiratorischer Zug auf das Venenblut gesetzt, und dieser eine negative Schlauchwelle erzeugend soll die Ursache jenes negativen Pulses sein, der in der Vene aufsteigt. Zeitlich würden danach der eine positive Welle darstellende Venenpuls Landois' und der negative Venenpuls Weyrich's mit einander und zwar mit der Systole der Ventrikel coincidiren müssen.

Als Venenpuls wird endlich noch von manchen Physiologen (Grünhagen, Hermann u. A.) ein eigenthümlicher Spannungswechsel in den dem Herzen nahen Venen bezeichnet, der sich durch ein mit den Phasen der Athmung alternirendes An- (bei der Exspiration) und Abschwellen (bei der Inspiration) der Venen zu erkennen giebt. Es wird sich später Gelegenheit finden, darauf zurück zu kommen (s. Blutdruck und Einfluss der Athmung auf die Circulation).

c) Die **kardiopneumatische Bewegung**. Die systolische Verminderung des Herzvolumens schafft innerhalb des Thorax einen Raum, welcher der Ausdehnung anderer Organe zu Gute kommt. Insbesondere gewinnt dadurch die Lunge. Unter der Einwirkung des atmosphärischen Druckes auf ihre innere Oberfläche gegenüber dem geringeren Drucke auf ihrer äusseren Oberfläche (s. u.) wird sie jederzeit den grösstmöglichen Raum einnehmen müssen, der ihr seitens der Brusthöhle geboten wird. Zieht sich also ein anderes intrathorakal gelegenes Organ zusammen, so erweitert sich dafür die Lunge. Dabei erfolgt jederzeit Lufteintritt in dieselbe. Umgekehrt bewirkt die diastolische Grössenzunahme des Herzens Verkleinerung des Luftraumes, Ansteigen des intrapulmonalen über den atmosphärischen Luftdruck und damit Luftaustritt aus dem Respirationsapparat. So kommt es also zu einer regelmässigen Schwankung des Luftdruckes in den Athmungswegen synchron mit den verschiedenen Phasen der Herzaction, wie sie auch Voit mit Lossen (1865) durch Ab- und Zunahme einer Wassersäule in einem entsprechend eingerichteten, in die Luftwege eingeführten Manometer beobachten konnte. Bamberger bestätigte dieselbe schon früher an Kaninchen, deren Herzaction durch die blossgelegte aber intacte Pleura beobachtet wurde; er nahm dann wahr, dass die Ventrikel bei jeder Systole die Lungen nach sich ziehen (»negativer Puls der Lunge«, Marey 1863). Die fragliche Erscheinung ist bei Thieren und dem Menschen auch graphisch dargestellt worden. Bei ersteren durch Herstellung einer leitenden Verbindung zwischen der eröffneten Trachea des curarisirten Thieres und einer Marey'schen Registrirtrommel (s. u.), welche, einen Schreibstift tragend, auf einem durch ein Uhrwerk getriebenen, mit gleichmässiger Geschwindigkeit vorbeigeführten Papierstreifen die in- und exspiratorischen Bewegungen in Form von Kurven niederschreibt (Klemensiewicz 1875 u. A.). Ceradini konstruirte zu diesem Zwecke das Haemathorakographion, Landois zur Ausführung derselben am Menschen unter Einführung des Apparates in die oberen Luftwege (Mundhöhle) den Kardiopneumographen.

Die genannten »Schüttelbewegungen« erlangen für die Winterschläfer eine grosse Bedeutung. Durch sie wird der Luftwechsel in den Lungen der nicht mehr Athembewegungen ausführenden Tiere wesentlich gefördert, ja fast unterhalten.

d) Der **Herzstoss, Herzshock**, pulsus cordis. Bei Auflegung der Hand auf den Brustkorb, dicht hinter dem Ellenbogenhöcker der linken Seite, d. i. im Bereich des 5. Intercostalraumes und der benachbarten Rippen, fühlt man im Umkreis einer etwa 10 *cm* im Quadrat messenden Stelle, die beim Rinde durch die Anconaei mehr noch als beim Pferde verdeckt, beim Hunde aber mehr nach abwärts gegen das Brustbein gewendet ist, eine mehr oder weniger deutliche, stossende Erschütterung der hier gelegenen Theile, den »Herzstoss«. Bei mageren Fleischfressern kann man sie sogar in Form einer mässigen Erhebung der betreffenden Intercostalfüllung sehen.

Dieselbe kommt bei den meisten unserer Hausthiere durch eine directe Annäherung des Herzens an die 5. und 6. Rippenknorpel nebst dem unteren Ende des 5. Intercostalraumes zu Stande, und trifft nur beim Fleischfresser eine sehr geringe Schicht sich zwischen Herzbeutel und Brustwand hineinschiebender Lunge. Der Stoss wird nicht durch das ganze Herz, aber auch nicht durch die Herzspitze allein veranlasst, es ist vielmehr bei unseren Herbivoren das untere Dritttheil (s. o.) der linken Herzfläche, unter Ausschluss der Herzspitze, die bei den übrigen Thierarten entschieden daran Antheil hat (Colin), der erschütternde Theil.

Der Stoss ist eine, wie schon Harvey für den Menschen, Sénac, Haller und Magendie für die Thiere nachwiesen, mit der Systole, nicht mit der Diastole, Hand in Hand gehende Erscheinung. Seine Ursache liegt wohl in der eigenthümlichen Umformung der sich andrängenden Herztheile und der gleichzeitigen Drehung des Organes (s. o.) So viele Theorien über sein Zustandekommen aufgestellt sind, so wenig stichhaltig ist die Beweisführung für jede einzelne derselben.

Nicht ganz bedeutungslos für die Entstehung des Herzstosses scheint ausser jenen Formveränderungen noch der Rückstoss, welchen die Ventrikel in ähnlicher Weise wie die abgefeuerte Kanone erfahren, wenn sich das Blut plötzlich in die Aorta und Pulmonalis entleert hat. Denn wenn auch der Herzstoss nach Chauveau und Rosenstein auch dann noch eintritt, wenn die Blutgefässe des Herzens unterbunden sind, so sind doch, wie Hiffelsheim demonstrirt hat, die Bedingungen des Rückstosses beim Ausfluss des Blutes vorhanden.

Die neuere Experimentalphysiologie hat uns gelehrt, wie so manche andere Bewegungserscheinung, so auch den Herzstoss graphisch darzustellen. Sie zeichnet mittelst einer Uebertragungs- und Schreibvorrichtung als dessen Ausdruck eine Curve, »Kardiogramm« oder »Herzstosscurve«, welche, aus auf- und absteigendem Schenkel mit mehreren secundären Elevationen bestehend, gleichzeitig einen Einblick in die Reihenfolge und den zeitlichen Ablauf der Einzelphasen der Herzaction gestattet. Die Physiologie heisst die Methode die »Kardiographie«.

Methodik derselben: Die älteste Methode der Beobachtung der Aufeinanderfolge der einzelnen Herzactionen ist, abgesehen von der Freilegung des Herzens und der Regristrirung der Bewegungen desselben durch Fühlhebel, welche auf rotirenden Cylindern schreiben (Ludwig 1850), die Acupunctur. Jung stach schon 1836 durch die Brustwand hindurch Explorativnadeln in die einzelnen Herzabtheilungen, die später zur Registrirung des Vorganges mit Fühlhebeln nach Ludwig's Methode verbunden wurden (Einbrodt, Brondgeest).

Chauveau und Marey führten 1861 die innere Kardiographie ein. Sogenannte Herzsonden d. s. Kautschukröhren, welche mit 1 oder 2 in Kammerhöhe von einander entfernten Kautschukblasen in Form olivenförmiger Ampullen versehen sind, die im Innern gleichgestaltete hohle mit Löchern durchbrochene Metallkörper enthalten, werden von der Iugularis aus in das rechte Herz, von der Carotis aus in das linke eingebracht. Jede derselben wird an ihrem freien (bei Doppelblase tragendem Katheter gegabelten), aus dem Blutgefässe hervorragenden Ende durch passenden

Kautschukschlauch mit der sogen. Marey'schen Registrirtrommel (Tambour enregistreur) in leitende Verbindung gesetzt. Es ist dies ein trommelartig mit einer Kautschukmembran überspanntes, uhrschälchenähnliches Metallschüsselchen, aus welchem zum Ansatz des übertragenden Kautschukschlauches ein kleiner Tubulus hervorragt. Von der Membran erhebt sich ein Stift, auf welchem der Schreibhebel d. i. ein an einem Stativ ausserordentlich leicht beweglich eingelenkter einarmiger Hebel ruht. Vermittelst seines in eine feine Spitze auslaufenden, freien Endes zeichnet dieser Hebel auf einer geeigneten Schreibvorrichtung, sobald durch Druckänderung im Innern der lufthaltigen Leitung die Kautschukmembran in Bewegung versetzt wird, Curven auf, deren ansteigender Schenkel der durch Druckzunahme bedingten Hebung, deren absteigender Schenkel dem durch Drucknachlass hervorgerufenen Einsinken der Membran entspricht. Wenn gleichzeitig 3 Herzabtheilungen mit Sonden beschickt und durch dieselben 3 Hebel ihre Bewegungen auf der gleichen Schreibvorrichtung notiren, so kann man aus dem Vergleich der erhaltenen 3 Curven genaueren Einblick in die Einzelheiten der gesammten Herzaction erlangen (s. u. die Curven von Marey und Chauveau).

Es ist hier der Platz, den graphischen Apparaten, wie sie in der Experimentalphysiologie so vielfach zur Anwendung kommen, einige Worte zu schenken. Der älteste der von Ludwig in seinem Kymographion (Fig. s. u. Blutdruck) benutzten Apparate ist ein durch Uhrwerk mit fallendem Gewichte getriebener rotirender Cylinder, dessen Gang durch ein Kugelpendel oder durch verstellbare Windflügel regulirt wird. Durch Bekanntschaft mit dessen Umdrehungszeit vermag man die Zeitdauer leicht zu bestimmen, welche über Durchschreitung auch der kleinsten Strecke der Cylinderoberfläche verstreicht; zu dieser Zeitbestimmung kann man eben so gut auch einen Zeitmarkirer (*F*) verwenden, welcher durch Hebung einer geeigneten Schreibvorrichtung in gleichmässigen Intervallen niedrige Ordinaten auf der Zeitabscisse notirt (Zeitcurve *h*). Die Bewegungserscheinungen überträgt schliesslich ein Hebel, wie er an der Registrirtrommel angebracht, auf einen um den Cylinder glatt angespannten berussten Papierstreifen. Die in der Zeit erforderlich gewordenen längeren Bahnen, mit Hilfe deren die Beobachtungen längere Zeit hindurch fortgesetzt und niedergeschrieben werden können, wurden von Ludwig dadurch geschaffen, dass er den »endlosen« Papierstreifen zwischen zwei Wellen sich abwickeln lässt, die durch eine Frictionsscheibe in Bewegung gesetzt werden, auf welche die Bewegung des Uhrwerkes übertragen wird. Dadurch gelangt er gleichzeitig zu der Möglichkeit, das Papier mit verschiedener Geschwindigkeit an der Schreibfeder vorbeizuführen. Das nachfolgende Schema diene zur Erleichterung des Verständnisses für den Apparat (Fig. 9). Tisch *A* trägt in horizontaler Unterstützung auf Füssen die Eisenplatte *B*, auf welcher der berusste Papierstreifen *C* (aufgespannt über die Rollen *D* und *E* und in Spannung versetzbar durch den Bogen *F*) in Bewegung gebracht werden kann. Das herbeizuführen ist die Aufgabe des Triebwerkes *G*, welches an der durch die Kurbel *a* aufzuziehenden Kette *b* die (hier nicht mehr sichtbaren) Gewichte trägt, die durch ihren Zug als fallendes Gewicht die Triebkraft bilden; je nach

dem Grade der Belastung ist die Geschwindigkeit der Bewegung naturgemäss eine grössere oder geringere Die Regulirung der Bewegung liegt den Windflügeln c ob, deren Triebstange mit dem Zahnrade d in Wechselberührung gebracht ist. Dieses Zahnrad d überträgt seine Bewegungen durch die Welle e auch auf das Räderwerk f, das seinerseits wieder die Welle g in Drehung versetzt. Die Rotation dieser ruft eine ebensolche der Welle h hervor, die in ihrer Stellung zum Centrum resp. der Peripherie der Frictionsscheibe H durch die Schraubenzugvorrichtung i veränderlich ist. In eine der Zahnleisten von H eingreifend, bewegt sie dieses und damit auch ein am oberen Ende von dessen Axe befindliches Rad I, das vermöge einer darüber hinweg laufenden Schnur das Rad K am unteren Ende der Rolle D in Bewegung versetzt. Damit

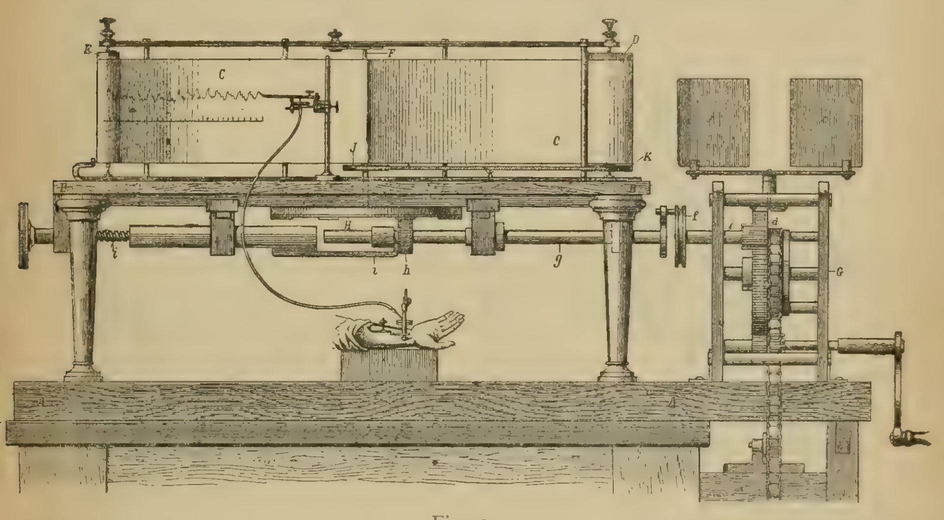


Fig. 9.
Grosser graphischer Apparat nach Knoll von Mechaniker Rothe in Prag.

kommt es zu einer fortschreitenden Bewegung des darüber hinweg gespannten Papierstreifens C.

Zur Erlangung einer noch genaueren Zeitbestimmung endlich, als sie für die Ausmessung der einzelnen Curvenabschnitte nach den obigen Methoden möglich ist, wurde von Klünder (1868) der Versuch gemacht, die Schreibfläche durch Befestigung an einer Stimmgabel in Stimmgabelschwingungen zu versetzen, deren Wellenzahl und damit auch Zeitdauer genau bekannt ist. Man erhält an solchen alsdann eine Curve, welche mit lauter einzelnen Zähnchen versehen ist; Abzählung dieser für einen entsprechenden Curvenabschnitt und Multiplication von deren Summe mit der Schwingungsdauer der Einzelwelle ergiebt die Zeit, welche über die Dauer des untersuchten Actes verstrichen ist.

Die neuerdings am meisten verwerthete Methode der Kardiographie ist die von Marey (1868) ebenfalls herrührende Uebertragung der Erschütterungen des betreffenden Theiles auf einem Aufnahme-Apparat, der von Marey als Feder-Explorateur oder als Trommel-Explorateur, dann in verschiedensten Modificationen von Brondgeest, Burdon-Sanderson sowie nach dem Vorgang von Meurisse und Mathieu von Knoll (siehe Fig. 10) construirt ist. Das Princip eines jeden dieser Apparate beruht im Wesentlichen darin, dass die als Uebertragungsmedium in einen uhrschälchenartigen Behälter *R*, der von einer Kautschukmembram überspannt ist und in ein Röhrchen *c* führt, eingeschlossene Luft durch eine mit Pelotte *P* ausgestattete Feder *B* in Schwingungen versetzt wird. Dieser wesentliche Theil des Instrumentes wird durch einen Bügel, in welchem er beweglich mittelst Schraubenvorrichtung *b* aufgenommen ist, getragen und bei der Anlegung gestützt. Bringt man dann mit dem Ausführungsröhrchen eine Leitung in Verbindung, welche die Lufterschütterungen auf einen Schreibhebel überträgt, der sie auf dem Papierstreifen notirt, so hat man einen Apparat zusammengesetzt, wie er zur Aufzeichnung von allerhand Bewegungserscheinungen von Marey Polygraph geheissen worden ist.

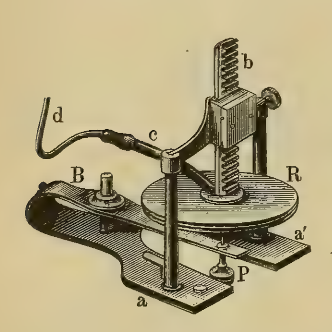


Fig. 10.
Knoll's Trommelexplorateur.
Beschreibung siehe im Text.

Zur Untersuchung des Herzstosses wird dieser Apparat auf die Stelle der deutlichsten Fühlbarkeit desselben, also beim Menschen im Bereiche des 5. Intercostalraumes, etwas einwärts von der Mamillarlinie aufgesetzt. Bei unseren grösseren und selbst auch kleineren Hausthieren begegnet die Kardiographie gewissen Schwierigkeiten, die insbesondere in der eigenthümlichen Configuration der Brust ihren Grund haben. Der Herzshoc ist einmal sehr schwach, bei gesunden Pferden oft kaum fühlbar, dann aber ist die kräftige Muskulatur (Hautmuskel) etc., sind sogar auch die Anconaei hinderlich, dazu kommt die Unruhe des unverständigen Thieres bei allen ihm fremden Manipulationen. Das erklärt es, warum die Erlangung einer Herzcurve von der Seitenbrustwand des gesunden Thieres fast zur Unmöglichkeit wird. Mehr Glück hat man in dieser Hinsicht vielleicht noch mit der der Supraclaviculargegend des Menschen entsprechenden vorderen Brustgrube. Hier sieht und fühlt man wenigstens bei mageren Pferden die Herzpulsationen durch Erschütterungen der Theile sich ausprägen, aber die Localität ist zur Anlegung der Pelotte wegen mangelnden Widerstandes der Unterlage möglichst ungünstig. Die daselbst erhaltenen Curven sind deshalb auch nur niedrig und wenig instructiv. Besser schon ist mit empfindlichen Apparaten das Kardiogramm des Hundes zu erlangen.

Das Kardiogramm (Fig. 11) setzt sich nun aus einem aufsteigenden und einem absteigenden Schenkel zusammen; beide erreichen den höchsten resp. tiefsten Punkt nicht auf dem nächsten Wege der geraden Linie, sondern in ihrem Verlaufe bilden sich je kleine Elevationen, die auf besondere secundäre Erschütterungen in dem Ablaufe der Herzaction hinweisen. Nach der Auslegung der Herzstosscurve durch Landois soll die Strecke *ab* die Vorhofscontraction, *bc* die folgende Systole ventriculorum versinnlichen; bei der Gipfelcurve *c* würde der Höhepunkt der Contraction erreicht sein; während ihrer Fortdauer fliesst das Blut in die Arterie ab, deshalb sinkt die Curve; in ihrem Abstiege aber wird sie im Ablauf der Herzerschlaffung noch bei *d* und *e* wieder emporgeschnellt, um dann erst mit *f* auf das ursprüngliche Niveau zurückzukehren: die Herzaction ist zur Ruhe gekommen. Die Elevationen bei

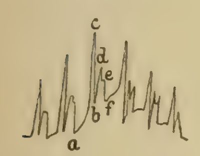


Fig. 11. Das Kardiogramm des Hundes. *ac* aufsteigender Schenkel, *bf* absteigender Schenkel, *ab* Pause und Vorhofs-, *bc* Kammercontraction, *c* Höhepunkt derselben, *d* Aortenklappen-, *e* Pulmonalklappenschlusselevation.

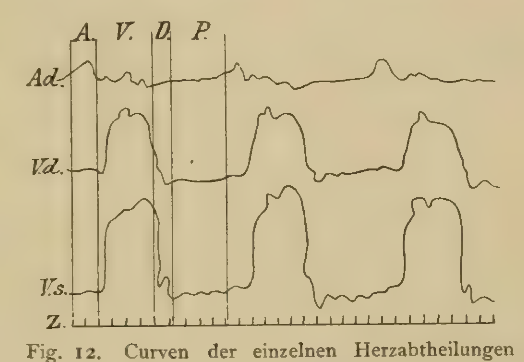


Fig. 12. Curven der einzelnen Herzabtheilungen nach Chauveau und Marey.
Ad. Curve des Atr. dextr., *V.d.* Curve des Ventr. dext., *V.s.* Curve des Ventr. sinist., *Z* Zeitcurve mit 0,1″-Theilung, *A* Atrien-, *V* Ventrikelcontraction, *D* Diastole, *P* Pause.

d und *e* werden nun von Landois als Erschütterungen erklärt, welche das im Regurgitiren begriffene Blut durch sein »Aufschlagen« auf die Semilunarklappen hervorrufen soll; der stärkere Gegendruck lässt hierbei die Aortenklappen sich eher schliessen, als die Pulmonalklappen, deshalb resultiren von den beiden Rückstosselevationen *d* als frühere und *e* als spätere.

Dieser von Landois gegebenen Auslegung, der sich zahlreiche Autoren, besonders auch Kliniker anschliessen, wird von anderen wie Rollett nur die Bedeutung einer »Conjectur« beigelegt, und Klug, der seine Beobachtungen am freigelegten und selbst am excidirten blutleeren Froschherzen wegen der sonstigen Uebereinstimmung mit der Herzthätigkeit des Säugers auf diesen überträgt, erachtet die Hebung bei *d* als den Ausdruck der den letzten Act der Kammersystole ausmachenden Herzspitzencontraction Er pflichtet also auch der Landois'schen Deutung der Elevationen *d* und *e* als Klappenschlusserschütterungen nicht bei, da dieselben auch nach Zerstörung sämmtlicher Herzklappen und am blutleeren Froschherzen erscheinen. Des Weiteren sieht Talma in der Klappenschlusselevation Landois' ein abgeschwächtes Bild der

Oscillationen, welche in dem Arterienrohre nach der Ventrikelsystole das Blut treffen sollen.

Die Curven von Chauveau und Marey (Fig. 12) in der oben geschilderten Weise durch Einführung von Herzkathetern beim Pferde gewonnen, geben die Thätigkeit des einzelnen Herzraumes wieder. In jeder derselben versinnlicht der Höhepunkt der Curve das Maximum der Contraction, der ascendirende Schenkel die zunehmende Systole, der descendirende dagegen die fortschreitende Diastole; innerhalb dieser auftretende Wellenerhebungen werden von Marey als Undulationen der durch den Blutanprall erschütterten Klappen gedeutet.

Die durch äussere oder innere Kardiographie abgenommenen Curven werden nach obigem auch zur zeitlichen Ausmessung der einzelnen Phasen der Herzaction verwendet.

Die Chauveau-Marey'schen Curven ergeben für einen Herzschlag beim Pferde die Dauer von 1,1''; das entspricht 55 Pulsationen in 1', eine Zahl, deren Höhe auf die von der Methode veranlassten nicht unbedeutenden Eingriffe zurückzuführen sein dürfte. Diese Zeitdauer vertheilt sich derart, dass der Vorhofcontraction 0,15—0,2'' = 16 pCt., der Ventrikelsystole 0,44'' = 40 pCt., der folgenden Diastole 0,13'' = 12 pCt. und der Pause 0,35—0,4'' = 34 pCt. der Gesammtdauer zufallen; danach würde sich die Vorhofsruhe über ca. 1'', die Kammerruhe über 0,75—0,8'' erstrecken. Für den Menschen giebt Gibson bei einer Gesammtdauer der Herzaction von 1,045'' (= 57 Herzschlägen in 1' [?]) die Dauer der Vorkammersystole auf 0,115'', der Ventrikelcontraction auf 0,28'', der Klappenschlussdifferenz auf 0,09'', der Kammerdiastole auf 0,11'' und schliesslich der Pause auf 0,45'' an.

Nach Chauveau und Marey würden der Systole $^2/_5$, der Diastole und Pause $^3/_5$ der Herzaction zufallen; die wenigen der von ihnen veröffentlichten Curven ergeben nach meiner Auffassung für Systole von Vorkammer und Kammer einerseits und Diastole und Pause andererseits je etwa die Hälfte der Dauer einer Herzaction. Landois weist für den Herzschlag des Menschen der Pause und Vorhofscontraction 0,37'', der Ventrikelsystole 0,305'', der Diastole 0,1'' zu. Aenderungen in der Herzfrequenz erfolgen in der Regel auf Kosten der Diastole und Pause (Ludwig, Donders), während die Systolendauer erst bei sehr starker Frequenzzunahme verkürzt wird.

Die thierärztliche Diagnostik hat sich bisher die Kardiographie in noch kaum nennenswerthem Maasse zu Nutze gemacht; diese ist auch mit Rücksicht auf die Schwäche und die Unzugänglichkeit des Stosses, wie nicht minder auf die Unruhe des Thieres schwer verwerthbar. Die Veränderungen des Herzshoks sind daher für unsere Hausthiere noch nicht näher studirt. Anders liegen die Verhältnisse in der menschlichen Pathologie, deren Vertreter nach Landois' Vorgang seit 1876 sich der Kardiographie reichlich bedienen; eine ganze Reihe pathologischer Herzstosscurven ist seitdem für diagnostische Zwecke gesammelt worden; so zeigt sich bei Hypertrophie und Dilatation des linken Ventrikels ein bedeutender Grössenzuwachs der Curve, bei Stenose des Aortenostiums eine zeitliche Verlängerung des gleichzeitig mehr gezähnelten Schenkels *bc*, bei Insufficienz der Mitralklappen erfolgt eine solche des Curvenabschnittes *ab* u. s. w.

Mir gelang es, in einem bis dahin unaufgeklärten Falle von Abnahme der Herzfrequenz auf 13—18 in 1' beim Pferde durch Anlegen

der Knoll'schen Pelotte an die Stelle des Herzstosses den Nachweis dafür zu erbringen, dass jede der seltenen Contractionen aus 2—3 deutlichen Hebungen in Folge wohl sehr schnell sich aneinander reihender Herzsystolen sich zusammensetzte (s. Fig. 13).

e) Die **Herztöne**. Wie das Auge durch die Beobachtung des Herzstosses, so ist auch das Ohr im Stande, der Herzthätigkeit Folge zu leisten. Legt man dasselbe direct oder mit dem Stethoskop bewaffnet am besten an die Stelle des Herzshocs, so vernimmt man während der Dauer eines jeglichen Herzschlages zwei in kurzer Pause aufeinander folgende Geräusche von etwas verschiedener Höhe und Dauer, die sog. »Herztöne«. Der erste oder, weil mit der Systole ventriculorum zusammenfallend, systolische Herzton ist etwas tiefer, dumpfer und gedehnter; der zweite, der wegen seiner Coincidenz mit dem Beginn der Herzdiastole diastolischer Herzton genannt wird, ist etwas heller, kürzer und prägnanter. Man vergleicht sie einem bu-tup, wobei das Zeitintervall zwischen beiden ein etwas geringeres als jenes zwischen dem zweiten und nachfolgenden ersten Herztone.

Die Entstehung zunächst des systolischen Tones wurde auf

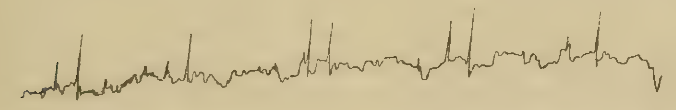


Fig. 13. Kardiogramm eines an Arhythmia cordis leidenden Pferdes (vgl. dessen Sphygmogramm unter Arterienpuls).

sehr differente Bewegungsvorgänge bezogen. Rouanet (1832) erklärte ihn ausschliesslich durch Schwingungen der Atrioventricularklappen in Folge des Andrängens des Blutes in dem sich contrahirenden Herzen; dieser Lehre widersprach zuerst Williams (1835), der ihn als reines Muskelgeräusch aufgefasst wissen wollte. Zwingende Beweise für die Richtigkeit der letzteren Anschauung brachten dann Ludwig u. Dogiel 1868; sie konnten den ersten Ton auch noch dann wahrnehmen, wenn das durch consecutive Unterbindung zunächst der zuführenden, dann der abführenden Gefässe blutleer gewordene Herz curarisirter Hunde fortarbeitete. Nach den Untersuchungen Bayer's und Giese's ist indess ein durch plötzliche Entfaltung der Atrioventricularklappen entstehender Ton nicht durchaus auszuschliessen, und Wintrich vermochte durch ein eigenartiges Stethoskop zu demonstriren, dass dem tiefen Muskelton ein höherer Klappenton beigemischt ist. Der erste Herzton kann mittelst desselben in einen Muskel- und Klappenton zerlegt werden, der Muskelton ist aber der vorherrschende und über die ganze Contractionszeit andauernde (Baxt, Moens). Sandborg nennt dagegen die Atrioventricularklappen aphone Membranen und führt sowohl den 1. wie den 2. Herzton auf Vibrationen der Halbmondklappen zurück (?).

Der diastolische Herzton wird allgemein als Klappenton, be-

dingt durch den Schluss der Semilunarklappen, anerkannt (Carswell & Rouanet). Wegen des nicht absolut gleichzeitigen Eintrittes der dazu führenden Klappenanspannung in Aorta und Pulmonalarterie ist auch er ein doppelter und kann deshalb, wenn die Differenz im Klappenschluss nur einigermaassen markirt (z. B. bei sehr hohem Aortendruck) »gespalten« sein.

Pathologische Zustände der Herzpumpe ändern die Herztöne ab. Verstärkte Herzaction in Folge von Herzhypertrophie lässt den ersten Herzton an Intensität zunehmen, Störungen in dem Blutabfluss aus dem Herzen den zweiten in Folge einer vermehrten Spannung innerhalb der betreffenden Arterie. Umgekehrtes wird bei Herzschwäche zu beobachten sein. Klappenfehler wie Insufficienz und Stenose veranlassen Unreinheiten, »Geräuschbildung« durch die wirbelnden Oscillationen und Reibungen der Blutttheilchen an den Klappen. Auch die Nachbarschaft des Herzens alterirt u. A. die Herztöne; festere Ausschwitzungsproducte an der Herzoberfläche und dem Perikard erzeugen »Reibungsgeräusche«; grössere luftgefüllte Räume (Cavernen) in den dem Herzen anliegenden Lungentheilen geben den Herztönen einen metallisch klingenden Character.

III. Die Herzfrequenz.

Die Regelmässigkeit in den Einzelphasen der Herzaction verlangt es, dass in der Zeiteinheit (hier in 1') im Allgemeinen immer die gleiche Zahl von Herzschlägen erfolgt. Diese innerhalb einer und derselben Thierspecies nicht in allzu weiten Grenzen schwankende Zahl, die Herzfrequenz, differirt allerdings in der grossen Reihe der Vertebraten recht beträchtlich. Mit ihrer Feststellung bei den Hausthieren beschäftigten sich schon sehr zahlreiche Forscher.

Nachdem die älteren Veterinär-Physiologen die Herzfrequenz im Allgemeinen geprüft, oft aber recht falsch angegeben hatten (so wurde im Anfange unseres Jahrhunderts noch gelehrt, dass die Pulszahl beim Rinde wegen dessen phlegmatischeren Temperamentes geringer sei als beim Pferde), befassten sich erst die neueren Autoren eingehender damit. Für das Pferd wurde deren Eruirung durch die Beobachtung Beck's angeregt, welcher bei 74 Hengsten i. M. 31 Herzschläge constatirte. Nach ihm sind Leisering, Haider, Schwarznecker, Hering, Weiss u. A. speciell dieser auffälligen Erscheinung näher getreten. Siedamgrotzky und zahlreiche seiner Schüler wie Müller, Sussdorf, Noack zählten dann in langen Reihen die Herzfrequenz des Pferdes, Rindes und anderer Hauthiere.

Es ergiebt sich danach als Mittelzahl innerhalb 1':
für das Pferd eine Frequenz von 26—40 Schlägen mit Schwankungen von 23—46,
» » Maulthier und den Esel eine solche von 46—50,
» » Rind die Frequenz von 40—50,
» » Schaf, Ziege, Schwein von 70—80,
» den Hund von 90—100 (70—120),
» die Katze von 120—140,
» das Kaninchen von 120—150 (130—160),

für den Menschen von 70—75,
» » Elefanten von 25—28,
» die Vögel von 110—140,
» » Amphibien (Frosch, Salamander) von 75—80,
» » Fische (Aale, Karpfen) von 20—25.

Einflüsse auf die Herzfrequenz. Schon die vorstehende Tabelle ist dazu angethan, den grossen Einfluss zu illustriren, welchen a) die Grösse des Thieres auf die Pulszahl ausübt. Es gilt im Allgemeinen der Satz, dass, je grösser das Thier, um so geringer die Zahl der Herzschläge. Die Zunahme der Herzschläge bei kleineren Thieren erfolgt aber nicht proportional der Grössenabnahme, so hat z. B. die Maus nur etwa die fünffache Schlagzahl des Elefanten, dessen Körpergewicht etwa das 100 000-fache des Körpergewichts der Maus ausmacht (Colin). Dieser Einfluss kann aber auch innerhalb der gleichen Thierspecies constatirt werden: kleine Hunde haben stets eine grössere Herzfrequenz als grosse. b) Für die nämliche Thierart veranlasst ferner das jugendliche Alter grössere, das höhere Alter geringere Pulszahl. Hering stellte z. B. diejenige des eben geborenen Pferdes auf 100—120 (selbst 150—160), des 14tägigen Fohlens auf 80—96, des ½jährigen auf 67—76, des 1jährigen auf 48—56, des 2jährigen auf 40 bis 48, des 3- und 4jährigen auf 38—48 fest. Dann sinkt sie auf die obige Mittelzahl herab. Die Herzfrequenz des Rindsfötus beträgt 128 (Franck). c) Nächstdem äussert den hervorragendsten Einfluss das Geschlecht des Thieres: der Hengst hat 28—29 (24—30), der Wallach 33—40, die Stute 34—42 Pulse. d) Beeinflussungen dieser Art stellen weiterhin dar: Rasse, Umgebungstemperatur und Tageszeiten resp. die damit gegebenen Fütterungsverhältnisse und sonstige Aussenbedingungen: edlere Rassen scheinen durchgängig etwas geringere Pulsfrequenz zu haben als gemeinere; ich fand z. B. durch zahlreiche Zählungen bei Halbblutwallachen 36 Pulse als Mittelzahl, bei solchen gewöhnlicher Schläge 41 Pulse, Noack bei edleren Thieren 33—34, bei schweren Arbeitspferden 41—42. Kälte lässt die Pulsfrequenz ab-, Wärme und verminderter Luftdruck zunehmen. Vormittags soll dieselbe ferner etwas geringer sein als Mittags und Abends. Die Verdauung scheint sie unbedeutend zu erhöhen (Noack), nach Anderen (Schwarznecker, Kutzbach, Haider) zu vermindern. In diesem Sinne kann man vielleicht von Tagesfluctuationen der Herzfrequenz sprechen. Aus meinen Zählungen im hiesigen Leibstall entnehme ich, dass die Pulszahl von Morgens 5 Uhr, woselbst sie am niedrigsten, bis zum Mittag um 11 Uhr allmählich bis zu ihrem Maximum ansteigt, dann wieder abfällt, um nach nochmaliger mässiger Erhebung während der ersten Nachtstunden gegen 1 Uhr ihr Minimum wieder zu erreichen. e) Körperbewegung steigert die Pulsfrequenz erheblich. Nach Colin liess sie 5′ langer Marsch auf 55, 5′ lange Trabbewegung auf 78, 5′ lange Galoppbewegung beim Pferde auf 98 hinaufgehen. Ich konnte dieses schnelle Ansteigen nicht constatiren. So betrug die Pulsfrequenz bei edlen,

in stärksten Galopp resp. Carrière versetzten Pferden nach 7′ dauerndem Laufe zwar 90—100, bei in scharfem Trabe vor dem Wagen und theilweise auch bergauf gehenden Pferden dagegen stieg sie innerhalb der ersten Viertelstunde nur auf 48—56, innerhalb der zweiten Viertelstunde auf 60. Höhere Zahlen wurden danach überhaupt nicht erreicht, wenn die Bewegung nicht über 1 Stunde andauerte und nur im Trabe zuletzt auf ebenem Terrain stattfand. Bei längerem Fahren z. B. im Omnibus 3 Stunden lang gehender Pferde führte das Herz nach Kurtz bis zu 70 Schlägen aus. Die Beruhigung der durch Bewegung erregten Herzfrequenz nimmt namentlich nach längerem Laufe nicht unbeträchtliche

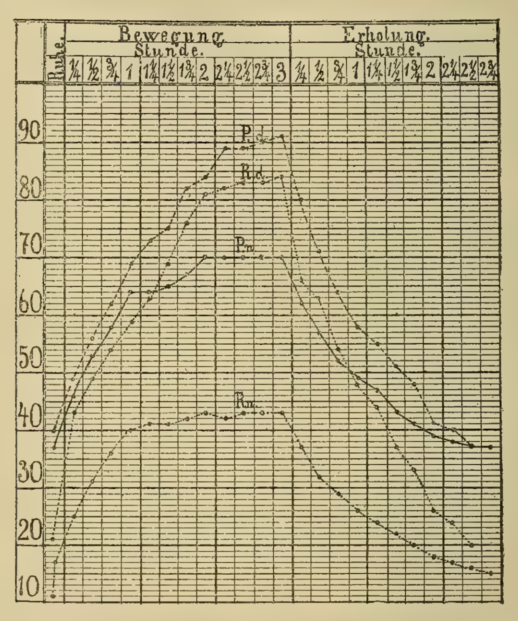


Fig. 14. Gang der Beschleunigung und Wiederberuhigung der Puls- und Athemfrequenz des Pferdes bei und nach der Bewegung im Zugdienste.

P.n. Pulsfrequenz normaler, *P.d.* Pulsfrequenz dämpfiger Pferde. *R.n.* Respirationsfrequenz normaler, *R.d.* Respirationsfrequenz dämpfiger Pferde.

Zeit in Anspruch. Während sie nach ¼—½ stündigem Laufe bereits innerhalb etwa ½ Stunde die Normalzahl wiedererlangt, bedarf es dazu bei ein- und mehrstündiger Bewegung einer Stunde und mehr. Anfangs erfolgt dieselbe schneller, dann recht langsam. Bei einer grösseren Zahl von Pferden ging die nach 3 stündiger Benutzung im Omnibusdienst auf 70 angestiegene Pulszahl in der ersten Stunde auf 48, d. i. um ca. 70 pCt. der Gesammtsteigerung zurück, erst nach zwei Stunden war sie um die übrigen 30 pCt. gesunken. Bei Pferden, welche in scharfem Trabe theils auf ebenem, theils auf bergigem Terrain vor dem Wagen gelaufen waren, zählte ich bei Sistirung der Fahrt nach

1 Stunde 60, 10′ später 51—54, 20′ danach 48, 30′ nach Gewährung der Ruhe noch 44 Pulse. Diese Frequenz blieb auch noch über die nächste halbe Stunde bestehen, um erst dann der Normalzahl Platz zu machen. Die beigegebenen Curven (s. Fig. 14) dienen zur Versinnlichung des An- und Absteigens des Herz- und Athmungsrhythmus bei gesunden und dämpfigen Pferden während und nach 3stündiger Thätigkeit im Omnibusdienste. Den Auf- und Abgang für 1/4-, 1/2- und 1stündigen Gebrauch s. unter Athemfrequenz.

Auf die Herzfrequenz influirt namentlich auch die Regelmässigkeit in der Wiederholung, dem Rhythmus der Herzpulsationen. Wenn im vorigen als allgemein gültig der Satz hingestellt wurde, dass der Rhythmus ein regelmässiger sei, so lehrt doch die Erfahrung, dass bei einer verhältnissmässig nicht geringen Zahl durchaus gesunder Individuen, vorzugsweise Pferde, Arhythmien in Form von aussetzender, also deficienter oder intermittirender Herzaction erscheinen. Es treten hierbei abweichend lange Intervallen zwischen den zwei folgenden Herzschlägen auf, welche sich entweder gleichmässig, d. h. je nach 3 oder 4 u.s.w. Schlägen wiederholen, oder ganz unregelmässig sich ereignen. Ich hatte z. B. Gelegenheit, bei einigen der von mir zu Pulszählungen verwendeten Thiere regelmässige Intermissionen je nach dem 3.—5. resp. 6.—12. Schlage zu beobachten; in der Familie des original-arabischen Hengstes Seglavi war diese Erscheinung sogar eine erbliche, sie konnte in vielen Generationen wieder gefunden werden. Das häufigere Vorkommen arhythmischer Herzthätigkeit auch bei ganz gesunden Pferden ist mit Rücksicht auf die übliche Deutung dieser Erscheinung als einer diagnostischen für den Gewährsfehler »Dummkoller« und andere Krankheiten nicht bedeutungslos; es sagt uns, dass aussetzende Herzpulsation nicht immer auf cerebrale Innervationsstörungen zurückgeführt werden darf.

Die Frage, von welchen Bedingungen die Pulsfrequenz abhängig ist und vor Allem, welche Verhältnisse ihre Höhe während des Lebens beherrschen, ist noch nicht mit voller Sicherheit zu beantworten. Es ist a priori zu vermuthen, dass die Anforderungen an das Triebwerk des Blutes, wie sie durch die Grösse der Widerstände in dem Ablauf der Blutcirculation geboten werden, in erster Linie auf die Herzfrequenz influiren. Marey vermuthet z. B., dass die Herzfrequenz umgekehrt proportional sei der Höhe des intravasculären Blutdruckes; es kann indessen experimentell der Nachweis einer solchen gegenseitigen Abhängigkeit nicht erbracht werden; der Zusammenhang zwischen Blutdruck und Herzfrequenz mag auch deshalb kein ganz directer sein, weil ja der Nachlass eines übermässig gesteigerten Blutdruckes auch durch Abnahme der Herzkraft ohne wesentliche Schlagzahlverminderung erfolgen kann und unter gewöhnlichen Verhältnissen thatsächlich wohl auch beides ihn bedingt. Alle Allgemein- und Lokalerkrankungen, welche mit fieberhafter Temperatursteigerung Hand in Hand gehen, erhöhen die Herzfrequenz. Von besonderem Einfluss scheint endlich die Beschaffenheit des Respi-

rationsapparates, die Grösse der respirirenden Lungenoberfläche. So steigt die Pulsfrequenz bei bewegten Pferden ganz parallel mit der Athemfrequenz; je höher diese hinaufgeht, um so mehr hebt sich auch jene; während bei normal athmenden Pferden trotz mehrstündiger Bewegung die Athemzahl nicht über 43 und die Pulszahl nicht über 70 stieg, erhob sich jene bei dämpfigen Pferden bis auf 84 und diese bis auf 91. Schon in der Ruhe scheint zwischen Athem- und Herzfrequenz ein bestimmtes Verhältniss zu bestehen; man giebt es auf 1 : 4 an.

IV. Die Capacität, Kraft und mechanische Arbeit des Herzens, speciell der Ventrikel.

a) **Capacität der Ventrikel.** Die scheinbare Differenz in der Weite der Ventrikel hat wiederholt die Vorstellung wachgerufen, dass die rechte Kammer mehr Blut befördere, als die linke. Da indessen bei jeder Contraction sich jede Kammer vollständig entleert und somit auch ein noch so geringes Plus, das der rechte Ventrikel jedes Mal ausstossen würde, binnen Kurzem eine Ueberfüllung des kleinen Kreislaufes und Blutmangel in dem Körperkreislauf entstehen lassen müsste, so ergiebt die einfache Ueberlegung, dass das Fassungsvermögen beider Kammern durchaus gleich gross sein muss.

Die Feststellung desselben wurde schon auf mehrfachem Wege versucht. Santorini (1724) u. A. füllten die Ventrikel des todten Thieres mit Blut, Brücke (1850) mit erstarrender Injectionsmasse; das Quantum der verwendeten Flüssigkeit kann aber nur dann massgebend sein für die Herzcapacität, wenn die Füllung unter dem intra vitam herrschenden, uns übrigens unbekannten Füllungsdrucke erfolgt. Auch die Schwierigkeiten, wie sie der Unterbindung sämmtlicher Gefässstämme am erschlafften und gefüllten Herzen im Moment der Pause entgegentreten, eine Methode, die Abegg zur Feststellung des Inhalts benutzte, gestatten nur ungenaue Resultate. Volkmann (1850) berechnet die Capacität des linken Ventrikels aus der Zeit, deren das seinem Quantum nach bekannte Gesammtblut zu einmaliger Passirung der Aorta bedarf, und der Zahl von Systolen, welche dieser Zeit zufallen; z. B. die Aorta passiren die 30 *kg* Blut eines Pferdes in 45″; auf diese Zeit kommen 30 Herzschläge, folglich sendet die linke Kammer durch jede Contraction 1000 *g* Blut in die Aorta. Diese Berechnung würde an sich ja genügend genaue Resultate liefern, wenn die Prämissen für die Feststellung der Zeit, deren eben das Blut zu einmaliger Passirung der Aorta bedarf, unantastbar wären; das ist indessen nicht der Fall; wenn man auch den Aortenquerschnitt messen kann, so ist doch die Stromgeschwindigkeit in der Aorta nicht sicher eruirbar und ausserdem schwankend (Ludwig und Dogiel) und damit fällt die Möglichkeit der genauen Bestimmung des Quantums, welches die Aorta in der Zeiteinheit (= Stromgeschwindigkeit × Querschnitt) durchströmt; endlich ist auch die Gesammtblutmenge des Thieres ein immerhin noch recht problematisch Ding. Volkmann will übrigens auf Grund zahlreicher Thierversuche dieser Art den fraglichen Werth auf $^{1}/_{400}$ des Körpergewichts festgestellt haben.

b) **Herzkraft.** Zur Erlangung eines Einblickes in die mechanische Arbeit, welche das Herz durch seine Contractionen verrichtet, ist ausser der Kenntniss des Quantums Blut, welches von ihm mit jedem Schlage

befördert wird, auch diejenige der Kraft erforderlich, welche es durch seine Action entwickelt. Nach dem Physiker Hales, welcher sich schon 1727 mit diesbezüglichen Untersuchungen beschäftigte, berechnet sich dieselbe als das Produkt der Höhe, bis zu welcher das Blut emporgehoben wird und der Grösse der inneren Herzoberfläche. Die erstere bestimmte er durch Abmessung der Blutsäule in einer graduirten, in die Aorta oder einen von deren ersten Theilungsästen eingeführten und senkrecht gestellten Röhre; die letztere durch Füllung der erschlafften Kammern mit einer erstarrenden Injectionsmasse (Colin) und Ausmessung von deren äusserer Oberfläche. Mit Hülfe dieser Factoren kommt Colin zu dem Resultate, dass beim Pferde der linke Ventrikel durch seine Contraction eine Druckkraft von ca. 118 *kg* setzt; er findet nämlich die Höhe der Blutsäule, welche von dem Herzen getragen wird, gleich 1,94—2 *m* = 2,1 *m* Wasser und die Grösse der inneren Aortenkammeroberfläche = 565 *qcm*. Für den rechten Ventrikel kommt er nur auf etwa $^1/_4$ jener Triebkraft, d. i. ca. 33 *kg*, da die Blutsäule, welche in dem in die Pulmonalarterie eingeführten Manometer emporsteigt, nur etwa 0,40—0,50 *m* erreicht und die innere Kammeroberfläche sich auf 660 *qcm* beläuft.

Nach Poiseuille (1818) sind diese Maasse viel zu gross; derselbe setzt die Herzdruckkraft nicht = Blutsäule × innere Herzoberfläche, sondern nur = Blutsäule × Querschnitt der Aorten- resp. Pulmonalarterienwurzel. Danach würde sich die Grösse der Druckkraft auf ca. $^1/_{20}$ der von Colin erhaltenen Maasse reduciren.

Der eine Factor zur Berechnung der Herzdruckkraft die Höhe der Blutsäule, wurde bei einem Kalbe mit Ektopia cordis auch von E. Hering geprüft dadurch, dass er je eine senkrecht gehaltene Glasröhre in die rechte und linke Kammer durch eine Stichwunde einführte. Die Blutsäule des rechten Herzens erreichte in maximo 601,65 *mm*, die des linken Herzens 957 *mm*.

Auch Marey und Chauveau stellten Messungen an, indem sie ihre Herzsonden mit einem Quecksilbermanometer (s. unten unter Blutdruck) verbanden; sie erhielten indessen Werthe, die augenscheinlich weit hinter der Wahrheit zurückbleiben; nach ihnen würde der Maximaldruck des rechten Ventrikels beim Pferde im Mittel auf 28 *mm*, derjenige des linken auf 121 *mm* Hg sich belaufen. Zu richtigeren Resultaten scheinen Goltz und Gaule gekommen zu sein, welche, um die Eigenschwankungen des Hg in jenem Manometer zu vermeiden und die Widerstände zu überwinden, die das träge Hg den raschen Schwankungen des intracardialen Druckes entgegenstellt, ein Maximum-Manometer anwendeten. Es ist das ein Druckmesser, dessen mit dem Herzen communicirender Schenkel ein gegen das Herz sich schliessendes Ventil besitzt; dadurch verhindert dasselbe das Zurücksinken des Hg während der Diastole, wie es bei umgekehrter Lage des Ventils als Minimum-Manometer die minimalen Werthe des Herzdruckes anzugeben vermag, indem es ein Ansteigen des Hg über den tiefsterreichten

Stand ausschliesst. Als Maximaldruck ergab sich bei Versuchen an Hunden für den rechten Ventrikel die Grösse von 34,8—61,8 *mm*, für den linken diejenige von 114,2—142,2 *mm* Hg, und (s. o.) ein Minimaldruck von —17,2 *mm* für die rechte und von —52 *mm* Hg für die linke Kammer.

Schon diese Zahlen allein illustriren die verschiedene Grösse der Druckkraft des rechten und linken Herzens. Beutner und Marey finden das Verhältniss dieser Druckkräfte wie 1 : 3, Goltz und Gaule wie 2 : 5, Chauveau und Marey beim Pferde wie 1 : 4, Colin wie 1 : 5. Die nur etwa $^1/_3$ bis $^2/_5$ der Wanddicke der linken Kammer ausmachende Muskulatur der rechten Kammer dürfte als anatomischer Beleg dieser physiologischen Erfahrung zu erachten sein.

Magini endlich bestimmte neuestens durch Uebertragung des intracardialen Druckes mittelst einer troicartähnlichen, in das Herz eingeführten Canüle auf eine druckanzeigende Vorrichtung dessen Höhe zu 64 bis 92 *mm* Hg für den rechten, zu 171—180 *mm* Hg für den linken Ventrikel.

c) **Mechanische Arbeit des Herzens.** Die Kenntniss der von dem Herzen beförderten Blutmenge sowie der Höhe, auf welche dieselbe gehoben werden muss, würde ohne weiteres die von jeder Herzsystole geleistete Arbeit ergeben und in der That haben auch J. R. Mayer, Vierordt, Donders u. A. an der Hand der oben erhaltenen Grössen die mechanische Arbeit einer Herzcontraction und daraus der gesammten Herzcontractionen innerhalb eines Tages berechnet. Für das Pferd würde man z. B. unter der Annahme der Grösse des von dem linken Herzen zu überwindenden Druckes 250 *mm* Hg = 3,21 *m* Blut und der jedesmal ausgestossenen Blutmenge 1000 *g* für jede Systole die von diesem geleistete Arbeit auf 3,21 *kg*, dessen Minuten-, Stunden- und Tagesarbeit auf $3,21 \times 40$ resp. $3,21 \times 40 \times 60$ resp. $3,21 \times 40 \times 60 \times 24 =$ 184 896 *kg* und ferner unter der Voraussetzung, dass das rechte Herz $^1/_3$ der Arbeit des linken verrichtet (s. o.), diejenige des rechten Herzens auf 61 632 *kg* veranschlagen können. Das ergiebt als Tagesarbeit für das Herz des Pferdes 246 528 *kg*. Da dadurch erzeugte Massenbewegung setzt sich durch die Widerstände im Kreislauf wie Reibung etc. in Wärme um und es würde deshalb die Herzarbeit des Pferdes entsprechen 246 528 : 4255 = ca. 580 Calorien. Da bei der Verbrennung von 1 *g* Kohle 8,08 Calorien erzeugt werden, so würde die Herzarbeit dem Körper so viel Wärme liefern, als wenn er ca. 72 *g* Kohle resp. C zu seiner Wärmeproduction oxydirte.

So oft derartige Maasse als Grundlage von Berechnungen des thierischen Haushaltes mit herangezogen werden, so wenig können dieselben indessen Anwartschaft auf Genauigkeit haben, da nicht zu verkennen ist, dass ihre Prämissen, was beförderte Blutmenge und Kraft äusserung anbelangt, nur den Werth von ungefähren Schätzungen besitzen.

d) Anhangsweise soll hier endlich noch der Lehre von der **Selbst-**

steuerung des Herzens gedacht werden, wie dieselbe, nachdem schon Thebesius 1708 darauf hingewiesen hatte, von Brücke 1854 neu aufgestellt wurde. Brücke findet, dass bei der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Thiere die Zugänge zu den Ostien der Coronararterien des Herzens im Bereiche der Valsalva'schen Taschen ihre Lage haben, und ist deshalb der Ansicht, dass die Halbmondklappen den Bluteintritt in die Kranzarterien während der Herzsystole verhindern, um ihn erst während der Diastole freizugeben. Er sieht darin eine Einrichtung, welche durch Vermeidung einer der Systole hinderlichen Blutdrucksteigerung in den Herzarterien sowohl dieser Herzaction, wie durch »federartige Spannung« der Herzgefässe während der Diastole der ergiebigen Erweiterung der Herzhöhlen besonders förderlich sein soll. Nicht alle Forscher pflichten indessen dieser Auffassung bei. Hyrtl widerspricht z. B. der Thatsächlichkeit der von Brücke angegebenen anatomischen Verhältnisse und Andere, wie Ceradini, glauben, dass gerade die Herzcontraction nach Analogie der in den thätigen Muskeln stattfindenden Gefässerweiterung (Szelkow, Sadler) eine Dilatation und damit ein schnelleres Strömen des Blutes in den Herzgefässen bewirke. Wieder Andere (Endemann, Perls) wollen ein continuirliches Spritzen der angeschnittenen Coronararterien mit systolischer Verstärkung ebenso wie in allen anderen Arterien beobachtet haben. Endlich wird es von Landois als nicht wahrscheinlich angesehen, dass die oberflächlich in dem subepicardialen lockeren Gewebe gelegenen grösseren Blutgefässstämme durch Dehnung oder Verengerung einen erheblichen Einfluss auf die Herzhöhlen ausüben könnten.

Es stehen nach alledem in der Frage der Selbststeuerung des Herzens Ansicht gegen Ansicht, und als unzweifelhafte Thatsache ist vorerst nur die von Klug gemachte Erfahrung verwerthbar, dass während der Systole die tieferen Blutgefässe nicht gefüllt werden, dass sie also während dieser Phase der Herzthätigkeit auch nicht wegsam bleiben, während sie in der Diastole in allen Schichten der Muskulatur Blut aufnehmen.

C. Das Strömen des Blutes in den Gefässen, die Blutbewegung oder Haemodynamik.

I. Anatomisch-physikalische und physiologische Vorbemerkungen über die Blutgefässe.

Die Blutgefässe bilden ein System weit verzweigter, elastischer und contractiler Röhren, dessen Gesammtquerschnitt sich von Theilung zu Theilung vergrössert.

Die durch das Vorhandensein reicher elastischer Gewebselemente in der Wand, namentlich der grösseren Blutgefässe bedingte Elasticität der Gefässwand ist nach den Untersuchungen Ed. Weber's u. A. eine geringe und gleichzeitig vollkommene, d. h. die Gefässe werden schon durch geringe dehnende Kräfte, wie Zug

und Druck, verlängert und erweitert, vermögen aber mit deren Nachlass wieder vollkommen auf ihr früheres natürliches Kaliber zurückzukehren. Die Ausweitung ihres Lumens erfolgt anfangs schneller, später ganz allmählich (»elastische Nachwirkung«). Uebermässig dehnende und längere Zeit wirkende Kräfte lassen indessen dauernde Erweiterungen sich ausbilden; dauerndere Stauungen oder Erschwerungen im Abflusse des Blutes erzeugen deshalb gern Ausbuchtungen der Gefässe (Aneurysmen, Varices resp. Haemorrhoiden). Nach K. Bardeleben können Venen ohne dauernde Folgen bis zu 50 pCt. ihres Volumens vorübergehend gedehnt werden.

In Folge ihrer grossen Dehnbarkeit besitzen die Blutgefässe auch einen hohen Zerreissungswiderstand. Volkmann giebt an, dass die Carotis eines Hammels erst bei einem auf das 14fache des in ihr herrschenden Normaldruckes gesteigerten Innendrucke (2,25 *m* Hg) zerriss, und nach Gréhant und Quinquaud hielt die Carotis des Hundes sogar mehr als das 50fache des Blutdruckes, die Jugularvene über die Hälfte dieses Werthes aus.

In Folge ihrer übrigens von dem Nervensystem beherrschten Contractilität kann das Kaliber der Blutgefässe wechseln, sodass auch die Blutfüllung eines Körpertheiles differirt. Sie verdanken diese Eigenschaft der Einfügung circulär und longitudinal verlaufender glatter Muskelfasern.

Die Vergrösserung des Gesammtquerschnittes der Blutgefässe kommt dadurch zu Stande, dass je die zwei aus einem Stamme hervorgehenden Aeste in Summa ein grösseres Lumen besitzen als ihr Mutterstamm. Diese Vergrösserung erreicht bis zu den Capillaren hin einen sehr bedeutenden Grad. Umgekehrt erfolgt von da aus durch das Venensystem eine allmählich fortschreitende Wiederverengerung des Gesammtdurchmessers, so dass die venösen Endstämme annähernd, aber nicht ganz die geringe Weite der Aorta wiedererreichen, ihre Querschnittssumme beträgt etwa noch das Anderthalbfache bis Doppelte dieser, allein die Summe der Durchschnitte der Lungenvenen soll geringer sein als derjenige der Lungenarterie Als Beispiel sei erwähnt, dass nach Franck*) die vordere Aorta des Pferdes einen Durchmesser von 41 *mm*, deren beide Theilungsäste in Summa einen solchen von 64,5 *mm*, der Truncus caroticus einen solchen von 20,5 *mm*, dessen beide Aeste zusammen einen solchen von 28,3 *mm* besitzen u. s. f. Die Gesammterweiterung der Strombahn im Bereiche der Capillaren wird auf das 600—700fache der Weite der Aorta geschätzt (A. W. Volkmann, C. Vierordt).

Man gelangt zu dieser Zahl u. A. an der Hand eines Vergleiches der Stromgeschwindigkeit in der Aorta mit derjenigen in den Capillaren (also 500 *mm* : 0,8 = 625), von dem Gesichtspunkte ausgehend, dass durch jeglichen Querschnitt des Gefässsystemes in der Zeiteinheit immer die gleiche Menge Blutes, also auch durch den Querschnitt der Aorta in 1'' ebensoviel Blut wie durch den der Gesammtheit der Capillaren hindurchströmen muss, damit nirgends eine Stauung oder Dehiscenz (Zerreissung) der Blutsäule eintrete. Da dies nur möglich, wenn in ersterer die Geschwindigkeit eine erheblich grössere als in letzteren, so muss der durch Messung eruirbaren Geschwindigkeitsabnahme (von etwa 500 *mm* in 1'' für die Aorta auf 0,8 *mm* in 1'' für die Capillargefässe [s. u.]) die Zunahme des Gefässquerschnittes direct proportional sein (also = 1 : 625).

---

*) Franck, Handbuch der Anatomie der Hausthiere, II. Aufl., 1883, pag. 892.

Man macht sich von dieser Erweiterung der Strombahn am besten ein Bild, wenn man ihren Anfangs- und Endquerschnitt mit den Endflächen eines stumpfen Kegels sich decken lässt, dessen abgestumpfte Spitze den Durchmesser der Aorta, dessen Basis denjenigen des gesammten Capillarquerschnittes hat (Rollet).

Wie allen Flüssigkeiten ist auch dem Blute die Incompressibilität eigen, sein Volumen wird deshalb im Allgemeinen als unveränderlich angesehen werden müssen; eine starre Röhre vermag daher auch immer, mag der Druck eine noch so grosse Höhe erreichen, nur die gleiche Menge Flüssigkeit im gleichen Abschnitte aufzunehmen; eine elastisch-dehnbare Röhre wird durch Zunahme ihres Inhaltes nach allen Seiten gleichmässig ausgedehnt und dadurch in das Streben versetzt, sich auf ihr natürliches Volumen wieder einzuengen. Diesem Streben kann sie nur durch Verdrängung des Inhaltsüberschusses gerecht werden und somit wohnt der überdehnten Arterienwand ein Motor inne, der eine Verschiebung der Flüssigkeitstheilchen herbeiführen kann, sobald der Druck an irgend einer Stelle nachlässt.

Das Blut besitzt fernerhin trotz einer gewissen Viscosität eine Leichtverschiebbarkeit seiner Theilchen, die es ihm ermöglicht, die durch Druck oder Stoss herbeigeführte Gleichgewichtsstörung auszugleichen, und die es andererseits an einer Dehiscenz, an einer Trennung der Theilchen verhindert. Jede Störung der Gleichgewichtslage wird die Flüssigkeitstheilchen so lange in Bewegung versetzen, bis die Gleichgewichtslage wieder hergestellt, d. h. bis der an der einen Stelle als Stoss oder Druck wirkende Mehrdruck ausgeglichen ist und so auf allen Theilchen der gleiche Druck lastet. Jede einseitige Steigerung dieses Druckes führt deshalb zu einer Strombewegung, einer Massenverschiebung der Flüssigkeit gegen die Stelle des Minderdruckes. Es ergeben sich daraus als die wichtigsten Lehren der

II. Hydrostatik und Hydrodynamik

folgende Cardinalgesetze, die auch auf das Strömen des Blutes in den Gefässen Anwendung finden:

1. Flüssigkeiten verharren nur so lange im Gleichgewicht, als der auf sie wirkende Druck aller Orten gleich gross ist; sie setzen sich sofort in Bewegung, sobald eine Druckdifferenz sich einstellt; durch die Ausgleichung dieser Druckdifferenz, durch welche das Strömen der Flüssigkeit von der Stelle des höheren Druckes zu derjenigen des geringeren Druckes veranlasst wird, kommt sie wieder zur Ruhe d. i. Gleichgewichtslage. Die Ausgleichsbewegung ist jederzeit eine continuirliche, sie dauert also ununterbrochen an, so lange noch die geringste Spur von Druckverschiedenheit besteht. Ihre Geschwindigkeit aber richtet sich nach der Grösse der Druckdifferenz, sie ist um so grösser, je beträchtlicher diese.

2. Wenn jede Druckdifferenz ein Bewegungsimpuls, so wird auch die Art der Entstehung derselben auf den Bewegungsvorgang von Einfluss sein. Gleichmässig wirkender Druck erzeugt nicht nur eine continuirliche, sondern auch gleichförmige Bewegung; stossweise wirkender Druck veranlasst dagegen ein

stossweises Strömen, bei rhythmischer Wiederholung des Stosses wird die Flüssigkeit zwischen je zwei folgenden Stössen zur Ruhe kommen können, wenn das zwischen ihnen liegende Intervall ausreicht, um die Druckdifferenz sich ausgleichen zu lassen. Erfolgt die Repetition der Stösse in kürzeren Zwischenpausen, so wird die Bewegung eine continuirliche zwar, aber nicht gleichförmige sein, indem jeder Stoss eine Beschleunigung derselben herbeiführt.

Wenn also das höhere Flüssigkeitsniveau an dem einen Ende eines Röhrensystemes den Motor für die in diesem befindliche Flüssigkeit abgiebt, so wird diese (aus einer etwaigen Oeffnung desselben so lange in continuirlichem und ruhigem Strömen austreten, bis das Niveau an beiden Enden des Röhrensystems das gleiche geworden ist. Wird dagegen in ein mit Flüssigkeit gefülltes System starrer Röhren mit unnachgiebiger Wand periodisch je ein gewisses Flüssigkeitsquantum eingetrieben, so fliesst von der im Röhrensystem befindlichen Flüssigkeit je eine entsprechende Quantität aus und der Zeitraum, welcher zwischen den zwei folgenden Ausflüssen verstreicht, wird vollständig übereinstimmen mit der Pause zwischen je zwei Stössen.

Ganz anders gestaltet sich das Strömen in elastischen Röhren unter der Wirkung der stossweisen Triebkraft. Sind dieselben nämlich schon vorher mit Flüssigkeit gefüllt, so wird der durch das Einpressen neuer Flüssigkeit erzeugte Druck, der nach allen Richtungen hin gleichmässig fortgepflanzt wird, auch seitlich auf die dehnbare Wand wirken und diese expandiren; der erweiterte Röhrenabschnitt gewährt dadurch der plötzlich neu hinzugekommenen Flüssigkeit Aufnahme. Da aber, wie oben angedeutet, gerade durch die Rückwirkung der überdehnten Wand ein weiterer Bewegungsimpuls gesetzt wird, so entsteht eine positve oder Bergwelle, wobei der zuerst gedehnte Röhrenabschnitt seinen Inhaltsüberschuss dem nächstfolgenden überliefert u. s. f. Es gesellt sich also der durch die plötzliche Druckzunahme hervorgerufenen translatorichen oder Massenbewegung noch eine oscillatorische oder Wellenbewegung hinzu. Deshalb gehen Strombewegung und Wellenbewegung in einem von elastischem Materiale hergestellten Röhrensysteme bei stossweiss rhythmisch wirkender Triebkraft neben einander her. Die erstere schreitet mit geringerer, die letztere mit grösserer Geschwindigkeit fort und sie veranlasst ein den periodischen Stössen correspondirendes Sich-Erheben und Zurücksinken der Rohrwand, das man der Entstehungsweise und der Empfindung für den tastenden Finger entsprechend ein Pulsiren heisst.

3. Nicht die gesammte Triebkraft des gleichmässig oder stossweise wirkenden Motors kommt der Bewegung zu gute; vielmehr setzt sich nur ein Theil derselben in Bewegung um, ein anderer dagegen dient der Ueberwindung des Reibungswiderstandes, welchen die Flüssigkeitstheilchen unter einander und durch die Röhrenwand erleiden. Girard und Poiseuille lieferten zuerst den Nachweis, dass in Folge der Adhäsion zwischen strömender Flüssigkeit und Röhrenwand und weiterhin in Folge der Cohäsion der Flüssigkeitstheilchen unter sich die äusserste wandständige Schicht, welche die Röhre benetzt, fast ruht, während sich die übrigen einander concentrisch umfassenden Schichten in einer gegen die Röhrenaxe fortschreitend schnelleren Geschwindigkeit befinden. Der Axenfaden fliesst deshalb am schnellsten. Das bedingt ein Sich-voneinander-Losreissen der Einzelschichten je an ihren Berührungsflächen und daraus erklärt sich die Nothwendigkeit des Verbrauches eines Theiles der Triebkraft behufs Ueberwindung von Adhäsions- und Cohäsionswiderstand. Dieser letztere ist um so grösser, je zäher die Flüssigkeit; deshalb wird das klebrige Blut grösseren Widerstand setzen als Wasser. Er ist aber ausser von der Consistenz der Flüssigkeit auch von der Geschwindigkeit d. h. von der Grösse der Triebkraft abhängig; je

schneller die Strombewegung vor sich geht, um so mehr wird von der treibenden Kraft behufs Losreissung der Flüssigkeitsschichten von einander consumirt werden. Dazu kommt des Weiteren, dass in Folge der reichlichen Verästelung des Getässsystemes mit fort und fort wachsender Oberflächenvergrösserung eine immer grösser werdende Anzahl von Flüssigkeitstheilchen die Röhrenwand benetzt und damit den schneller fliessenden Axenschichten entzogen wird.

Alle diese, für das Blut in den Blutgefässen zutreffenden Umstände machen es erklärlich, dass weder die Geschwindigkeit der Strombewegung noch der Druck, unter welchem sich die Flüssigkeit in nächster Nähe des Motors befindet, durch die lange Bahn, welche sie zu durchschreiten hat, die gleichen bleiben.

4. Nach dem von Toricelli aufgestellten Theorem würde die Ausflussgeschwindigkeit einer Flüssigkeit gerade so gross sein, wie die Geschwindigkeit, welche ein freifallender Körper erlangen würde, wenn er vom Spiegel der Flüssigkeit bis zu der Tiefe der Ausflussöffnung niederfiele. Wenn also die Triebkraft eine 2,7 *m* hohe Wassersäule wäre, so würde nach dem Gesetze über den freien Fall die Geschwindigkeit, mit welcher die Flüssigkeit aus der am Boden des betreffenden Gefässes befindlichen Oeffnung ausflösse, $= \sqrt{2 \cdot 2{,}7 \cdot 9{,}8} = 7{,}2$ *m* in 1'' betragen. Eine solche Geschwindigkeit wird aber wegen der vorhandenen Reibungswiderstände von Flüssigkeiten, die in Röhren strömen, nicht erreicht; vielmehr wird ein Theil der als Triebkraft dienenden Druckhöhe von den Reibungswiderständen aufgezehrt

Die Berechnung der Stromgeschwindigkeit (v) ist deshalb auf zwei andere Factoren angewiesen; die Stromgeschwindigkeit gleicht nämlich dem Quotienten aus der Flüssigkeitsmenge q, welche in der Zeiteinheit aus dem Röhrenquerschnitte ausfliesst und dem Röhrenquerschnitte l, also $v = q : l$. Die Bestimmung des letzteren gelingt aus der Kenntniss von dessen Radius r (= $^1/_2$ Durchmesser) nach der Formel $l = r^2\pi$, wobei $\pi = 3{,}1416$.

5. Die Druckgrösse, die als Triebkraft wirkt, wird durch Manometerröhren gemessen, welche in die Bahn der Flüssigkeit eingeschaltet werden. Wie schon mehrfach bemerkt, pflanzen Flüssigkeiten den Druck nach allen Richtungen hin gleichmässig fort, somit auch auf die Wand der sie einschliessenden Röhre. Die Höhe, bis zu welcher die Flüssigkeit in diese senkrecht eingefügte Manometerröhre ansteigt, giebt den an der betreffenden Stelle herrschenden Druck ohne Weiteres an. Dieser gleicht nämlich dem Drucke, welchen eine Flüssigkeit, z. B. Wassersäule, von entsprechender Höhe auf die Unterlage ausübt. Erhebt sich dieselbe also in der Manometerröhre auf 135 *cm*, so entspricht der Flüssigkeitsdruck der Last einer 135 *cm* hohen Wassersäule von dem Querschnitt der Manometerröhre Es ist allgemein gebräuchlich, den durch die Wassersäule repräsentirten Druck durch den gleichen Quecksilberdruck zum Ausdruck zu bringen, wobei zu berücksichtigen ist, dass das specifische Gewicht des letzteren Körpers 13,5 mal so gross ist als das des Wassers; damit würde sich derselbe auf die Höhe von 10 *cm* Hg einstellen.

Zur Illustration der Druckabnahme in den entfernteren Abschnitten einer gleichweiten starren Röhre und damit auch die Zunahme der Widerstände, welche die Flüssigkeit in ihrem Fortschreiten durch dieselbe erleidet, dient das Piezometer (Fig. 15). Das Druckgefäss *D*, welches mit einer am Boden befindlichen horizontalen Ausflussröhre *R* in Verbindung steht, erhält dauernd so viel Flüssigkeit, als durch diese abfliesst, dadurch verharrt das Niveau derselben stets auf *H*, d. h. die Druckkraft bleibt constant. In die Wand von *R* sind senkrecht aufsteigende Manometer *M* in verschiedenen Abständen eingefügt. So lange die Ausflussöffnung *o* der Röhre *R* geschlossen, wird nach dem Gesetze der communicirenden Röhren das Niveau der-

selben in all den einzelnen Manometern das gleiche sein. Sowie aber die Ausflussöffnung *o* freigegeben wird, fällt dasselbe in jenen, trotzdem es sich nach obiger Voraussetzung in *D* auf der gleichen Höhe *H* erhält; es sinkt in den Druckmessern jedoch nicht auf gleiche Höhe herab, sondern die Wassersäule in denselben ist um so höher, je näher sich der Druckmesser dem Druckgefässe befindet. Die Differenz zwischen dem hier herrschenden Drucke *H* und dem je an der betreffenden Stelle durch die Länge der Wasserstandssäule angezeigten Drucke entspricht der Summe der Widerstände, welche die treibende Flüssigkeit bis zu dem fraglichen Punkte gefunden hat; diese Differenz ist die »Widerstandshöhe«; die Kraft, welche sie repräsentirt, ist nicht verloren gegangen, sondern durch Reibung in Wärme umgesetzt worden. Die Summe dieser Widerstände ist der Länge der Röhre proportional, gerade so wie dieselbe gleichmässig zunimmt, so nimmt auch die Triebkraft von Strecke zu Strecke gleichmässig ab. Die an der untersuchten Stelle aber noch gefundene Druckhöhe ist gleichzeitig der Ausdruck derjenigen Widerstände, welche die Flüssigkeit in ihrem Laufe noch zu überwinden hat.

6. Alle diese Verhältnisse ändern sich in etwas, wenn an die Stelle einer überall gleich weiten Röhre eine ungleich weite oder ein System von Röhren tritt, dessen

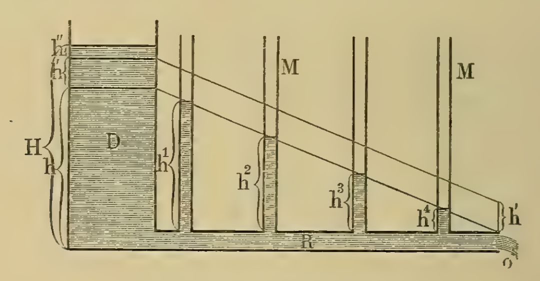


Fig. 15. Das Piezometer.

D Druckgefäss mit der dauernden Wasserstandshöhe *H*, *R* Ausflussröhre, *o* deren Ausflussöffnung, *M* Druckmesser, *h* die wirklich als Triebkraft in Verwendung kommende Widerstandshöhe, h' die Geschwindigkeitshöhe, h'' die beim Uebertritt in *R* schon verloren gehende Ausflusshöhe, h^1, h^2, h^3, h^4 die Widerstandshöhe in den einzelnen Manometern.

Strombahn allmählich an Umfang zunimmt. In engeren Röhren sind die Widerstände grösser als in weiteren; um in ihnen gleiche Stromgeschwindigkeit zu erreichen, bedarf es deshalb einer grösseren Triebkraft als in weiteren Röhren; bleibt diese gleich, so nimmt die Stromgeschwindigkeit ab. Verengt sich das Rohr in seinem Verlaufe plötzlich, so wird in Folge dessen der vor dieser Stelle gelegene manometrische Druck ansteigen und damit eine Höhe erreichen, welche trotz gleichbleibender Triebkraft von hinten her die gleiche Geschwindigkeit erzielte, wie in dem voraufgehenden weiteren Röhrenabschnitte. Verengt sich indess die Gesammtweite der Röhre in Folge einer derselben inne wohnenden Contractilität, so führt das entweder bei unverändertem Drucke zur Abnahme der Stromgeschwindigkeit oder es muss andererseits die Triebkraft wachsen, um die grössere Reibung behufs Gleicherhaltung der Stromgeschwindigkeit zu überwinden.

Erweitert sich dagegen eine Röhre fortschreitend, so wird bei gleichbleibender Triebkraft die Geschwindigkeit in dem weiteren Röhrenabschnitte eine geringere sein als in dem engeren, da andernfalls eine Dehiscenz der Flüssigkeitssäule an dem Anfange der Erweiterung die Folge wäre. Es ergiebt sich hieraus im Zusammenhalt

mit dem im vorhergehenden Abschnitte Gesagten, dass die Stromgeschwindigkeit innerhalb ungleich weiter Röhren umgekehrt proportional dem Durchschnitte des betreffenden Röhrenabschnittes also umgekehrt proportional dem Quadrate des Diameters des kreisförmigen Querschnittes ist.

Wenn aber die fortschreitende Erweiterung wie im Blutgefässsystem die Consequenz einer Theilung der Mutterröhre in Aeste ist, welche bei je für sich geringerem Durchmesser doch zusammengenommen einen grösseren Durchmesser als der Mutterstamm besitzen, so bedingt das eine Complication, welche aus der gleichzeitigen Erweiterung des Lumens und der Zunahme der Widerstände in Folge der Entstehung einer grösseren wandständigen Flüssigkeitsoberfläche resultirt. Neben der aus der Erweiterung an sich schon entspringenden Geschwindigkeitsabnahme kommt es hier noch zu einer durch die vermehrten Widerstände bedingten unverhältnissmässig schnellen Aufzehrung der Triebkraft, in Folge dessen die Stromgeschwindigkeit abermals nothleiden muss. Das erklärt es, dass unter solchen Verhältnissen die Abnahme der Geschwindigkeit nicht einfach proportional der Durchmesserzunahme, sondern in höherem Maasse als diese erfolgt.

Abgesehen von den oben angedeuteten Widerständen werden der strömenden Flüssigkeit weitere begegnen an den Theilungswinkeln und an geschlängelten Röhrenabschnitten. Der auf den Scheitel der Theilungsstelle aufstossende Axenstrom erzeugt eine retrograde, also centripetal fortschreitende Welle und wird in den Nebenstrom gerathend zu einer langsamer fliessenden Randschicht; die seitlich von ihm strömenden Flüssigkeitsschichten gerathen in den Axenstrom des Theilungsastes und müssen als nunmehr schnellst fliessende Theilchen von ihren Nachbarn losgerissen werden. An den Wiedervereinigungsstellen greift das umgekehrte Verhalten Platz; neue Widerstände treten auf, um die Treibkraft abermals zu schwächen.

Wie gesagt, setzen auch Krümmungen und Schlängelungen der Gefässe Widerstände, indem in lebhaftem Strömen begriffene Flüssigkeitstheilchen an die Biegungsstelle geschleudert werden und ein häufiges Uebertreten in der Wandschicht befindlicher Theilchen in den Axenstrom und umgekehrt erfolgt.

All die genannten Verhältnisse zusammengenommen veranlassen eine Abnahme der Stromgeschwindigkeit und des Druckes gegen das Ende des betreffenden Gefässsystemes. Dem gegenüber wird sich die Frage aufwerfen: welches sind die Folgen einer im weiteren Verlaufe des Röhrensystemes wieder eintretenden Vereinigung der Röhren zu einem grösseren Sammelstamme mit gleichzeitiger Abnahme des Kalibers? Die Antwnrt hierauf ergiebt sich aus folgenden Betrachtungen: Mit der Länge der Strombahn wächst auch die Summe der Widerstände; deshalb wird, da diese der Länge der ganzen Röhre direct proportional ist, der Druck fortschreitend geringer werden. Dagegen verlangt die Continuität der Flüssigkeitssäule, d. h. der Umstand, dass durch jeden Querschnitt des Röhrensystemes in der Zeiteinheit die gleiche Menge hindurchströmen muss, in den engeren Röhrenabschnitten grössere Stromgeschwindigkeit als in den weiteren. Wenn also die in dem engeren Mutterstamme ursprünglich schnell fortschreitende Flüssigkeit in den an Gesammtquerschnitt weiteren Aesten geringere Geschwindigkeit annimmt, so wird der wieder geringeres Kaliber besitzende Sammelstamm eine abermalige Beschleunigung der strömenden Flüssigkeit veranlassen. So wird es verständlich, dass nach Wiedervereinigung der Aeste zu einem engeren Sammelstamme der Strom in diesem unter geringerem Drucke aber mit grösserer Geschwindigkeit fortschreitet.

III. Die Erscheinungen der Blutbewegung im Thierkörper.

a) **Allgemeine Erscheinungen der Blutbewegung.** Der Inhalt der Blutgefässe befindet sich in continuirlich strömender Bewegung. Als Beweise dafür lassen sich u. A. folgende zwei Thatsachen aufführen: Die Eröffnung irgend eines Blutgefässes ist jederzeit von Blutaustritt gefolgt, das Blut fliesst dabei ununterbrochen ab; aber die Blutentleerung erfolgt verschieden, je nach der Zugehörigkeit des eröffneten Gefässes zu dem Arterien- oder Venensystem. Ein arterielles Gefäss entleert sein Blut spritzend aus dem centralen Schnittende und nur, wenn Anastomosen existiren, auch aus dem peripheren; der hervorquellende Blutstrom bildet einen Bogen von wechselnd grösserem und geringerem Umfange, und bei alternirend grösserer und geringerer Ausflussgeschwindigkeit. Die durchschnittene Vene sendet ihr Blut aus dem peripheren Schnittende, dasselbe fliesst langsam und ohne Strahlbildung ab, Erscheinungen eines Druck- und Geschwindigkeitswechsels in regelmässigem Rhythmus sind dabei nicht zu beobachten. Die strömende Bewegung des Blutes kann man auch direct unter dem Mikroskope verfolgen; spannt man die Schwimmhaut zwischen den Zehen eines Frosches oder der nicht pigmentirten Kröte, oder das Gekröse eines kleinen, durch Curare immobilisirten Säugers über der Oeffnung des Objecttisches aus, so bemerkt man die Blutbewegung sofort als eine continuirliche und in den Capillaren und Venen gleichmässig fortschreitende, in den Arterien dagegen stossend-wellenförmige.

Die strömende Bewegung des Blutes, welche zur Massenverschiebung seiner Theilchen von den Arterienwurzeln durch die Capillaren zu den Venen führt, hat ihre Ursache in dem dauernden Bestehen einer Spannungsdifferenz, wie sie durch die Thätigkeit des Herzens in der Weise erhalten wird, dass das Blut im Mutterstamme des arteriellen Gefässsystems dauernd unter grösserem Drucke steht als in seinen Auszweigungen, den grösseren und kleineren Arterien, den Capillaren und den Venen. Die Gleichgewichtslage oder Ruhe könnte erst dann eintreten, wenn die Ungleichheit in dem Drucke zwischen Anfang und Ende des Gefässsystems ausgeglichen wäre. Dies zu verhüten ist aber gerade die Aufgabe des Herzens. Seine rhythmischen, sich in kurzen Pausen wiederholenden Contractionen haben den bestimmten Zweck, den Druck in der Aorta und Pulmonalarterie auf Kosten der intravenösen Spannung fort und fort wieder zum Ansteigen zu bringen, bevor noch der Ausgleich der Druckdifferenz und damit Stillstand des Blutes sich einstellen konnte. Setzt die rhythmische Arbeit des Herzens aus, so dauert die Strombewegung nur noch so lange an, bis der Spannungsunterschied verschwunden ist (postmortales Strömen des Blutes), danach kommt die Blutflüssigkeit zur Ruhe.

Diese so hervorragende Bedeutung des Blutdruckes für die Blut-

strömung macht es verständlich, wenn hier diesem in erster Linie Aufmerksamkeit geschenkt wird.

1. **Der Blutdruck**. Ein mit Flüssigkeit gefülltes, starrwandiges Röhrensystem macht, da die Flüssigkeiten so gut wie incompressibel sind, das Eintreten weiterer Flüssigkeit unmöglich, wenn ein Abfluss der schon darin vorhandenen nicht erfolgen kann. Bei dehnbaren und gleichzeitig elastischen Röhren wird der Raum für die Aufnahme neuer Flüssigkeit durch Ausweitung des Röhrenkalibers geschaffen; die gedehnte Wand übt dabei eine Art Gegendruck auf die Flüssigkeit aus und so wird dieselbe unter eine Spannung versetzt, die um so grösser, je mehr Flüssigkeit plötzlich in das Röhrensystem eintritt und je weniger dieselbe noch Zeit hatte, sich gleichmässig bis zu dessen entgegengesetztem Ende hin zu vertheilen. Aus diesem Grunde wird in der Nähe des Triebwerkes der Druck kurz nach dem Flüssigkeitsübertritt grösser sein als in weiterer Entfernung davon. Wiederholt sich die stossweise Einpumpung von Flüssigkeit noch bevor diese Ausgleichung der Druckzhuname zu Stande kommen konnte, so wird sich in der Nähe des Triebwerkes der Druck dauernd höher erhalten als in der Peripherie, und er würde schliesslich dort so weit ansteigen, dass die Wand demselben nicht mehr zu widerstehen vermöchte, sondern bersten müsste, wenn am entgegengesetzten Ende nicht für Abfluss gesorgt wäre. Im Blutgefässsystem ist dies jedoch der Fall; dasselbe eine in sich selbst zurückkehrende, also geschlossene Kreisbahn darstellend, in welche das Herz als Pumpwerk eingefügt ist, erhält von diesem am einen Ende (Arterienwurzeln) jene Flüssigkeit, welche ihm andererseits (an den Venenenden) durch eine Art Saugvorrichtung entnommen worden ist. Die Flüssigkeitsmenge, welche in ihm strömt, bleibt somit im Allgemeinen dauernd die gleiche; aber dadurch, dass derjenige Theil derselben, welcher hier abgesaugt, dort wieder in sie hineingetrieben wird, entsteht eine um so grössere Druckdifferenz zwischen den beiden Enden des Gefässsystemes — eine Druckdifferenz, welche aus dem oben ausgeführten Grunde, nämlich der wiederholten Wirkung der sie erzeugenden Ursache noch vor ihrer Beseitigung sich, von gewissen physiologischen Schwankungen abgesehen, dauernd auf gewisser Höhe erhalten muss.

So wird es verständlich, dass der Blutdruck in den dem Herzen naheliegenden Arterien am grössten ist, gegen die Capillaren hin allmählich abnimmt und in den Venen auf sehr geringe, ja selbst negative Grössen herabsinkt.

α) Die Messung des Blutdruckes. Die in Vorschlag gebrachten Methoden der Blutdruckmessung berücksichtigen entweder nur diesen allein und geben dann die absolute Grösse des Druckes oder sie messen gleichzeitig die Gefässwandspannung und können dann nur als relative Maasse desselben angesehen werden. Die absolute Druckgrösse erhält man selbstverständlich nur durch Einführung von Manometern in geöffnete Gefässe.

1. Die (älteste) Methode des englischen Geistlichen Stephan Hales (1733) maass durch Einsetzen einer unten winkelig abgebogenen Röhre in ein Gefäss die Höhe der Blutsäule, bis zu welcher das Blut in der senkrecht aus dem Blutgefässe aufsteigenden Röhre emporgehoben wurde.

2. Poiseuille (1828) setzte an die Stelle der geraden Röhre ein U-förmig gebogenes Quecksilbermanometer, das er Haematodynamanometer hiess. Ver-

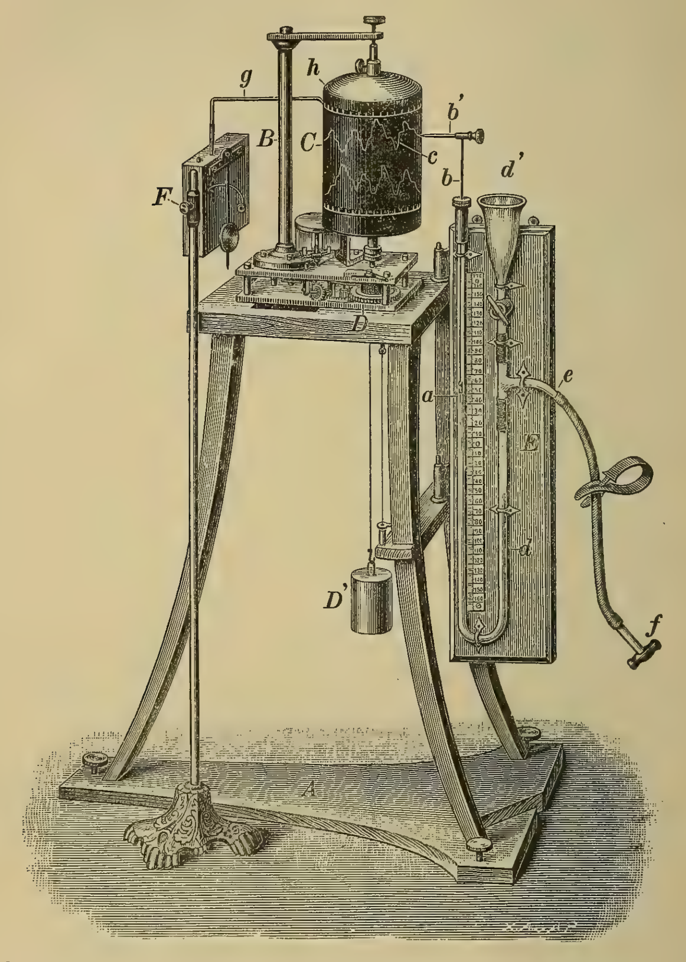


Fig. 16. Ludwig's Kymographion (das Manometer nach von Basch modificirt). *A* Untergestell, *B* Stativ, *C* berusste Trommel, *D* Triebwerk für *C* mit *D'* als Triebkraft (fallendes Gewicht), *E* Manometer mit *b* Schwimmer, welcher durch *b'* die Druckcurve *c* zeichnet, *e* Ansatzrohr, *f* Canüle, *F* Zeitmarkirer, *g* Schreibgriffel für die Zeitcurve *h*.

mittelst eines T-förmigen Röhrchens (*f* in Fig. 16), welches mit seinem horizontalen Schenkel in das Gefäss eingebunden wird und durch welches demnach das Blut ungestört zu passiren vermag, wird dieses auch in das theilweis mit Hg gefüllte Mano-

meter übergeführt. Hier kann es entweder direct auf das Hg wirken oder indirect unter Einschiebung einer bis an das Blutgefäss hinreichenden Säule gesättigter Magnesiumsulfatlösung, durch welche die andernfalls bald eintretende und dadurch den Versuch störende Blutgerinnung innerhalb der Manometerröhre ausgeschlossen wird. So oder so, immer wird, wenn der Blutdruck, welcher auf den einen Hg-Schenkel wirkt, ein anderer ist, als der auf den anderen Hg-Schenkel lastende Luftdruck, das Gleichgewicht der Hg-Säule gestört und dadurch der Hg-Stand in beiden Schenkeln des Manometers verändert. Die Niveaudifferenz in denselben entspricht dem Plus an Druck auf der einen Seite, d. i. der Seite des niederen Hg-Standes. Sobald also in dem mit dem Blutgefässe in Communication gebrachten Druckmesserschenkel das Niveau sinkt, um im anderen zu steigen, so zeigt das an, dass der hier wirkende Druck den Luftdruck um die Niveaudifferenz zwischen beiden Schenkeln d. i. die doppelte Grösse dessen, um was die Hg-Säule in dem einen Schenkel unter den ursprünglichen Stand gesunken, im anderen über denselben gestiegen ist, übertrifft. C. Ludwig (1847) verband in seinem (in Fig. 16 bildlich dargestellten) Kymographion (τὸ κῦμα Welle) oder Wellenzeichner mit dem Manometer *E* den für die spätere Physiologie so bedeutungsvoll gewordenen graphischen Apparat, indem er auf die Hg-Säule des offenen Schenkels einen Schwimmer (*b*) aus Elfenbein setzte, welcher mittelst des Stiftes *b'* die in dem Blutdruck etwa erscheinenden Schwankungen auf die durch das fallende Gewicht *D'* in gleichmässiger Geschwindigkeit gedrehte, berusste Trommel *C* in Form von Wellenlinien notirt. Setschenow verbesserte den Apparat noch dadurch, dass er behufs Erlangung des mittleren Blutdruckes in der unteren Biegung des Manometers einen Hahn anbrachte, welcher das Lumen der Röhre so weit einzuengen vermag, dass die Druckschwankungen in Wegfall kommen.

3. An die Stelle des Hg-Manometers, welches C. Vierordt wegen der Trägheit des Quecksilbers und der deshalb von diesem, einmal aus seiner Gleichgewichtslage gebrachten Metalle ausgeführten pendelartigen Eigenschwingungen als ungenaue Angaben über die Druckschwankungen registrirend bezeichnet, setzte Fick (1864) unter Benutzung des Bourdon'schen Federmanometers das Hohlfederkymographion (Fig. 17). Eine aus dünnem Neusilberblech bestehende, C-förmig gebogene Hohlfeder *F* bildet dessen Drucküberträger, sie wird zu diesem Zwecke an ihrem feststehenden Ende (*a*) durch ein Bleirohr (*K*) mit dem Blutgefässe in Verbindung gebracht, während an ihrem beweglichen Ende (*b*) ein leichtes Schreibhebelwerk (*S*) befestigt ist, welches die Excursionen der letzteren auf eine berusste Schreibfläche aufzeichnet. Diese Excursionen werden dadurch veranlasst, dass die elastische Metallfeder bei Zunahme ihres Innendruckes sich streckt, bei Abnahme desselben hingegen wieder einkrümmt. Füllt man nun behufs Ausführung des Versuches die Hohlfeder mit Alkohol und das in das Blutgefäss einzuführende Ansatzrohr derselben mit einer Sodalösung, so wird die Feder in dem Augenblicke, wo der grössere Blutdruck auf sie einwirkt, gestreckt werden und so auch den Schreibhebel bis zu gewissem Maasse heben; die Grösse dieser Streckung ist von der Grösse des Druckes direct abhängig und wird zweckmässig vorher mittelst des Hg-Manometers für verschiedene Druckgrössen empirisch festgestellt. Jede Schwankung in diesem Drucke hat jedoch auch eine Schwankung der gezeichneten Linie, also Zeichnung einer Welle zur Folge, deren Amplitude um so grösser, je bedeutender die Druckschwankung sich gestaltet. Weitere Verbesserungen dieses Apparates hat Fick in seinem Flachfederkymographion vorgenommen, welches die Druckschwankungen nicht durch die Elasticität des Metalls, sondern durch diejenige, der in eine zweckmässig geformte Röhre eingeschlossenen von dem Blutdrucke mehr oder weniger angespannten Luft und einer

damit mehr oder minder hervorzuwölbenden, den Luftraum abschliessenden Kautschuckmembran auf die Schreibvorrichtung überträgt. Mit beiden Apparaten sollen die Druckschwankungen gut aufgenommen werden können; der erstere verlangt jedoch behufs Angabe des mittleren Druckes wegen Nachlasses der Metallelasticität öfters nachgeprüft zu werden.

4. Die Untersuchung des Blutdruckes am nichtgeöffneten Gefässe, wie sie insbesondere beim Menschen geübt worden ist, giebt, wie oben angedeutet, nicht den absoluten Werth desselben, sondern misst gleichzeitig die Gefässwandspannung mit. Sie hat deshalb nur relativen Werth, kann jedoch zu diagnostischen Zwecken etc. recht wohl verwerthet werden. Waldenburg, Landois u. A. führten derartige Messungen unter Zuhilfenahme des zu belastenden Vierordt-Landois'schen Pulszeichners aus; Landois erlangte Compression der Radialarterie des Menschen und dadurch Wegfall des Schreibhebelausschlages, sobald er denselben mit 550 *g* belastet hatte.

Auch von Basch (1881) stellt mittelst seines Sphygmomanometers den Blutdruck durch Arteriencompression fest. Eine mit Kautschuckmembran überspannte, wassergefüllte, trichterförmige Glaspelotte, wird durch einen möglichst starren Kautschuckschlauch mit einem Hg-Manometer in Communication gesetzt. Man drückt die Pelotte behufs Ausführung des Versuches mit immer wachsender Kraft auf die pulsirende Arterie, bis diese in dem peripher davon gelegenen Abschnitte zu pulsiren aufhört, wodurch der volle Arterienverschluss angezeigt wird. Mittlerweile ist dann auch das Hg in dem Manometer der Zunahme des Pelottendruckes entsprechend gestiegen, die Differenz der Hg-Niveaux in beiden Manometerschenkeln ist das Maass des Blutdruckes, der Arterienspannung und des Widerstandes der benachbarten Weichtheile. Der letztere soll nur 4 *mm* Hg gleichkommen, während der Gesammtdruck in der Art. radialis von v. Basch auf 135—165 *mm* Hg beim Erwachsenen festgestellt wurde, deshalb glaubt man jenen diesem gegenüber ausser Acht lassen zu können.

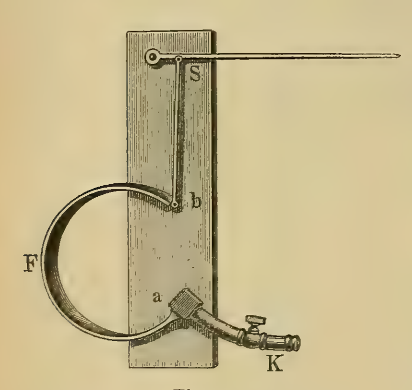


Fig. 17.
Fick's Hohlfederkymographion.
F Hohlfeder von Metall, *a* deren festes, *b* deren bewegliches Ende, *K* Ansatzcanüle, *S* Schreibhebel.

β) Der Blutdruck in den Arterien. Die bisherigen von Volkmann, Poiseuille, Blake, Spengler, Ludwig u. A. in den 20er bis 60er Jahren unseres Säculums ausgeführten manometrischen Untersuchungen bezogen sich vorzugsweise auf die Art. carotis, einige wenige auch auf kleinere mehr peripher gelegene Arterien.

Danach betrug der Druck in der Carotis beim

Pferde:	146—182 *mm* Hg nach	Poiseuille.
	110—214 » » »	Volkmann.
	140—150 » » »	Spengler.
	72—160 » »	eigenen Messungen bei sehr alten Thieren.

Rinde:	120	*mm*	Hg	nach	eigenen Messungen bei sehr alten tuberculösen Thieren.	
Kalbe:	133 177	»	»		Volkmann.	
Schafe:	156—206	»	»		»	
	98	»	»	»	»	bei einem alten Thiere.
Ziege:	135	»	»	»	»	
	118	»	»	»	»	bei einem Böckchen.
Schweine:	88	»	»	»	»	
Hunde:	141—170	»	»	»	Poiseuille.	
	143—172	»	»	»	Volkmann.	
	104	»	»	»	»	bei sehr jungem Thiere.
Katze:	150	»	»	»	»	
Kaninchen:	90-108	»	»	»	»	und Blake.
Haushuhn:	171	»	»	»	»	

Brachialis beim Menschen: 110—120 *mm* Hg nach Faivre.
A. tibial. antic. » » 100—160 » » » Albert.
A. metatars. » Pferde: 89,3—146 » » » Volkmann b. einem Carotiden-Drucke von 116,3 bis 165,5 *mm* Hg.
Kiemenarterie des Hechtes: 35,5 *mm* Hg nach Volkmann.
linken Aortenbogen des Frosches: 22—29 » » » »

Die in vorstehender Tabelle enthaltenen Werthe differiren in den gleichen Arterien verschiedener Individuen ein und derselben Thierspecies nicht unbedeutend, immer aber lassen sie eine, wenn auch nur geringe Abnahme des Blutdruckes in den peripheren Arterien erkennen. Nach H. Jacobson soll derselbe vom Herzen bis zu den kleinsten Arterien nur etwa um $^1/_6$ geringer werden. Danach dürfte der in den arteriellen Bahnen dem Blute entgegentretende Widerstand nur unerheblich sein.

Einflüsse auf den arteriellen Blutdruck: Die Grösse des mittleren Blutdruckes beeinflussen mancherlei Umstände, die einen anhaltend, die anderen vorübergehend. Es ist zweifellos, dass bei ganz jugendlichen und bei ganz alten Thieren der Blutdruck dauernd weit niederer ist als bei Individuen mittleren Alters; bei Föten soll der arterielle Druck kaum halb so gross sein, als beim Neugeborenen (Cohnstein und Zuntz). Nach Volkmann besitzen ferner Warmblüter im Allgemeinen höheren Blutdruck als Kaltblüter. Dagegen scheint die Grösse des Thieres wenig bedeutungsvoll für denselben; der Blutdruck des Hundes ist oft nicht wesentlich verschieden von dem des Pferdes etc.; man schätzt ihn deshalb auch in der Aorta der Säuger ziemlich übereinstimmend auf 200—250 *mm* Hg; das klingt jedenfalls paradox, da man immer anzunehmen geneigt sein wird, dass je länger die Bahn, desto mehr Widerstände, und dass deshalb mehr Druck dem Blute a priori gegeben werden müsse bei dem grösseren, als bei dem kleineren Thiere; wenn man indessen erwägt, dass die Druckkraft eigentlich erst im Capillargebiete zur Ueberwindung der Widerstände etc herangezogen wird, dass dagegen die Druckabnahme in den arteriellen und venösen Gefässen nur eine sehr geringe ist, so wird die fast gleiche Höhe des Druckes bei grossen und kleinen Thieren verständlicher.

Aenderungen des mittleren Blutdruckes. Am wirksamsten

in der Erzeugung einer vorübergehenden Steigerung resp. Abnahme des mittleren Blutdruckes erweist sich die Enge resp. Weite der gesammten Strombahn oder grösserer Abschnitte derselben. Durch Nervenreiz herbeigeführte Einengung dieser oder mechanischen Verschluss eines grösseren Stromgebietes lässt den Gesammtblutdruck steigen, umgekehrt Gefässdilatation ihn sinken. Dabei besitzt indess der Körper compensatorische Vorrichtungen, welche ihm die Fähigkeit verleihen, seinen Blutdruck einen gewissen Mittelwerth nicht dauernder übersteigen oder unterschreiten zu lassen. So geht z. B. die durch sensible Reizung veranlasste Erweiterung der Haut- und Muskelgefässe Hand in Hand mit Verengerung der Bauchhöhlengefässe etc. Naturgemäss ziehen auch einigermassen ergiebige Blutentziehungen Blutdruckabnahme nach sich; Colin sah bei verblutenden Pferden die Höhe der Blutsäule in dem Haematodynamometer, die vor Eröffnung der Vene 2,27 *m* erreicht hatte, schon nach Entnahme von 2 *kg* um 13 *cm*, nach der von 10 *kg* um 42 *cm*, nach der von 16 *kg* um 150 *cm*, nach der von 20 *kg* um 161 *cm* und endlich nach einer solchen von 25 *kg* um 185 *cm* niedriger also auf 0,42 *m* sich einstellen. Demgegenüber soll nach den Erfahrungen Anderer (Heidenhain, Tappeiner, Lesser etc.) eine Blutentziehung von 2—3 pCt. des Körpergewichts, d. i. etwa einem Dritttheil der Gesammtblutmenge, nur geringe und schwankende Aenderungen im Blutdrucke erzeugen und erst nach Entziehung der Hälfte derjenigen Quantität, welche bei tödtlicher Verblutung erhalten werden kann, der Blutdruck plötzlich abnehmen, um bei einem Blutverlust von 4—5—6 pCt. des Körpergewichts schon auf Null zu sinken. Ebenso bedingt Vermehrung der Blutmenge durch Transfusion keine erhebliche Druckzunahme. Man neigt deshalb zu der Annahme, dass das Gefässsystem für wechselnde Blutmengen Anpassungsvermögen besitze (Worm-Müller, Lesser), welches demselben die Möglichkeit der Erhaltung eines ungefähr gleichen mittleren Blutdruckes gewährleistet.

Von grösstem Einflusse auf die Höhe des mittleren Blutdruckes muss selbstverständlich die Herzthätigkeit sein. Jener ist, wie oben angedeutet, eine Consequenz der je vor der Blutdruckausgleichung rythmisch wiederkehrenden Herzcontractionen; je länger die Pausen zwischen den einzelnen Herzsystolen, um so mehr findet das Blut Zeit dem Streben der Wiederherstellung des Gleichgewichtes Folge zu leisten. Mit Sistirung der Herzthätigkeit sinkt daher der Blutdruck sofort, um sich wieder zu heben, sobald die Herzthätigkeit wieder beginnt. Deshalb kann es nur als selbstverständlich erscheinen, dass bei gleichbleibender Herzkraft und unverändertem Widerstande in der Peripherie Abnahme der Herzfrequenz von einem Sinken des Blutdruckes und ebenso Zunahme derselben von Blutdrucksteigerung gefolgt ist; ebenso wird bei gleichbleibender Herzfrequenz mit der Zu- und Abnahme der Herzkraft auch der Blutdruck steigen und fallen. Ganz andere Folgen ziehen Abänderungen der Frequenz

nach sich, wenn der einzelne Herzschlag an Kraft verliert oder gewinnt. In diesem Falle wird bei Kraftminderung Frequenzzunahme nicht mit Blutdrucksteigerung, sondern, wenn keine Compensation der einen durch die andere erfolgt, nur mit Blutdruckabnahme verbunden sein, wie auch umgekehrt bei Zunahme der Herzkraft die Verlangsamung der Herzschläge den Blutdruck ansteigen lassen kann. Dieses Umspringen der Herzkraft gleichzeitig mit der Herzfrequenz ist nun thatsächlich recht häufig der Fall, häufiger wohl als die einfache Zu- oder Abnahme der einen oder anderen Herzeigenschaft für sich allein. Deshalb gestaltet sich insgemein die Sachlage so, dass der Herzschlag ein beinahe weniger wichtiger Factor für die Höhe des Blutdruckes ist als die Grösse der Widerstände, denen das Blut auf seiner Bahn entgegengeht; sie beherrschen den Blutdruck derart, dass man diesen geradezu als das Maass jener erachten kann.

Die rhythmischen Schwankungen des arteriellen Blutdruckes. Die bisherigen Zahlen galten dem mittleren Blutdrucke. Bei der pulsatorischen Thätigkeit des Herzens erhält sich derselbe jedoch auch in kurzen Zeiträumen nicht dauernd auf der gleichen Höhe; die Blutsäule in der Hales'schen Röhre befindet sich vielmehr ständig im Schwanken, ebenso wie das auf ihr in dem Poiseuille'schen Manometer lastende Quecksilber (sogenannte »pulsatorische Druckschwankungen«). Diese Schwankungen spiegeln die Herzthätigkeit wieder, sie sind geradezu der Ausdruck der systolischen Blutdrucksteigerung und des diastolischen Abfalls. Das Ludwig'sche Kymographion zeichnet dementsprechend durch seinen Schwimmer eine Curve, deren Wellenberge der systolischen Drucksteigerung, deren Thäler dem diastolischen Nachlass correspondiren. Volkmann bemaass die systolische Druckzunahme in den grösseren Arterien des Pferdes auf $^1/_{16}$, des Hundes auf $^1/_{17}$ des Gesammtdruckes.

Diesen Oscillationen gesellen sich des Weiteren die »respiratorischen Schwankungen« des Blutdruckes hinzu. Die mit der Athmung verbundenen intrathorakalen Druckschwankungen, sowie die Beeinflussung, welche das Vasomotorencentrum durch die Athemphasen erfährt, insofern als die Inspiration zu einer Erregung der vasokonstriktorischen, die Exspiration zu einer solchen der vasodilatatorischen Centren führt (siehe unten unter Einfluss der Athmungsvorgänge auf den Kreislauf), lassen mit der Inspiration Blutdruckzu- und mit der Exspiration Blutdruckabnahme einhergehen. Die Blutdruckcurve (siehe Fig. 18) zeigt deshalb doppelte Wellenbewegungen. Grössere Wellenberge (*r*) entsprechen dem respiratorischen Fluktuiren, die in deren auf- und absteigenden Schenkel befindlichen Elevationen (*p*) den kardialen Undulationen des Blutdruckes.

γ) Der Blutdruck in den Capillaren geht gegenüber der nur geringen Minderung im Arteriensysteme einer ganz ausserordentlich rapiden Abnahme entgegen.

Die ersten Druckmessungen führte 1875 van Kries unter Ludwig's Leitung

aus, indem er nach dem oben sub 4 angegeben Prinzipe auf die Haut des Menschen, das Zahnfleisch des Kaninchens Glasplättchen auflegte und dieselben bis zum Erblassen der gedrückten Stelle belastete. Roy und Graham-Brown massen dagegen den hydrostatischen Druck direct, welcher erforderlich ist, um an durchsichtigen Körpertheilen (Schwimmhaut, Lunge des Frosches etc.) die Gefässe eben zu verschliessen; sie liessen zu dem Zwecke Wasser von unten her auf eine Glassplatte drücken, und beobachteten den Effect dem Kreislauf gegenüber von oben her mittelst des Mikroskopes. Auf diese Weise eruirten sie den zum Verschluss der Capillaren erforderlichen Wasserdruck gegenüber der Froschschwimmhaut = 100—150 *mm* Wasser = 7,35—11 *mm* Hg, sodass derselbe im Vergleich zum Aortendruck (s. o. pag. 257) etwa $^1/_3$—$^1/_2$ dieses ausmachen würde. van Kries' Messungen gaben je nach der Lage des fraglichen Theiles verschiedene Werthe; durch Erhebung der Hand, welche bei mittlerem Abstand vom Scheitel in ihrem letzten Fingergliede 37,7 *mm* Hg-Druck zum Abblassen der Theile brauchte, auf Scheitelhöhe sah er diese Druckgrösse auf 27 *mm* Hg herabgehen, durch Senken auf Skrotalhöhe bis auf 54 *mm* Hg ansteigen. Das Zahnfleisch des Kaninchens erblasste bei Belastung mit 33 *mm* Hg.

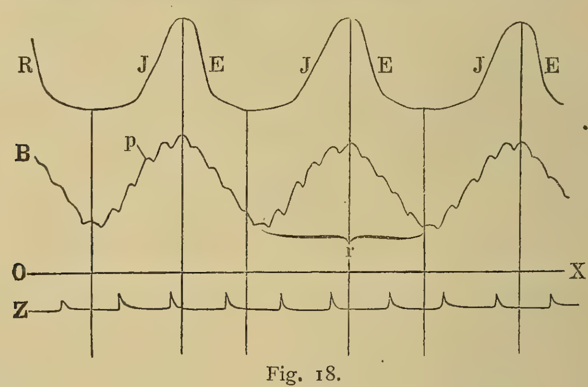


Fig. 18.

R die Respirationscurve des Hundes. *J* Inspiration, *E* Exspiration, *B* die Blutdruckcurve der Carotis des Hundes, *r* deren Respirations-, *p* deren pulsatorische Schwankungen, *Z* die Zeitcurve.

Danach würde sich der Capillardruck auf $^1/_2$—$^1/_5$(—$^1/_{12}$) des arteriellen Druckes bemessen.

Es ist zu vermuthen, dass die Abnahme des Capillarendruckes von dem Anfange des Capillargebietes bis zu dessen Ende allmählich erfolgt; derselbe würde deshalb in der Mitte jenes der Hälfte der Differenz zwischen dem Drucke am Ende der Arterienverzweigungen und demjenigen an den Venenanfängen entsprechen, also etwa noch der Hälfte des Druckes in den grossen Arterien gleichkommen (Donders, Dubois-Reymond). Andere Beobachtungen wollen ihn anfangs schneller, später gegen die Venen hin allmählicher abnehmen lassen. Selbstverständlich wird er durch Erweiterung der zuführenden Arterien, durch Verengerung und sonstige Abflusshindernisse in den abführenden Venen, durch Zunahme des arteriellen Druckes anwachsen. Das ist auch der Grund, weshalb in Organen, deren Blut zwei Capillarsysteme zu durchlaufen hat, der Blutdruck in dem ersteren grösser ist

als es dem Mittel entspricht; das trifft z. B. in den Knäuelgefässen der Niere (Ludwig) und in den Darmcapillaren (Brücke) zu.

δ) Der Blutdruck in den Venen. Die beträchtliche Abnahme des Blutdruckes in den Capillaren veranlasst, dass derselbe in den Venenanfängen bereits einen geringen Bruchtheil des arteriellen Druckes ausmacht; er soll daselbst nur etwa $^1/_{20}$—$^1/_{15}$ jenes betragen. Gegen das Herz hin nimmt er immer mehr ab und erreicht so, nachdem die Druckkraft durch das An- resp. Absteigen des Blutes zum Herzen vollends aufgezehrt ist, den Werth von 0 oder gar negative Werthe. Die letzteren sind der Ausdruck einer aspiratorischen Thätigkeit des Brustkorbes (siehe unten) und des Herzens selbst (s. pag. 224). Jacobson (1866) fand ihn in der Ven. crural. des Schafes = + 11,4 *mm* Hg, in einem Zweig der Ven. brachial. = + 9,0 *mm*, in der Ven. brachial. selbst = + 4,1 *mm*, in der Ven. facial. int. = + 5,2 *mm*, in der Ven. jugular. dextr. = + 0,2 *mm* Hg; negativ fiel er in der Ven. jugular. sin. = — 0.6 *mm*, in der Ven. subclav. dextr. und in der Ven. anonym. sinistr. = — 0,1 *mm* Hg aus. Ich bemass denselben in der Ven. jugular. sinistr. bei einem Pferde auf — 2 *mm* Hg bei ruhiger Kopfhaltung, bei Thätigkeit des Kauapparates stieg derselbe bis auf + 2—5 *mm* Hg, bei einem anderen Pferde betrug er 0 — + 2 *mm*; ein drittes zeigte Druckschwankungen zwischen + 4—8 *mm* Hg mit deutlichem aber schwachem Rückgange während der Inspiration um etwa 1—2 *mm*. Diese Abnahme des Blutdruckes bis zu negativen Werthen erklärt das ebenso häufige wie fatale Vorkommen des Lufteintrittes in die Jugularvene bei unvorsichtiger Eröffnung derselben behufs Ausführung der Venäsection.

Einflüsse auf den Venenblutdruck. Die Grösse des venösen Blutdruckes wird naturgemäss wesentlich beherrscht von dem arteriellen Drucke, nach Landois mehren ihn alle jene Umstände, welche die Druckdifferenz zwischen Arterien- und Venensystem mindern, gleichen Effect übt Zunahme der Blutfülle, Thätigkeit der zugehörigen Muskulatur, steiles Ansteigen der Venenstämme. Auch die Athmung veranlasst Druckschwankungen; die Inspiration, welche den intrapleuralen Druck um merkliche Grössen herabdrückt (s. o.), wirkt aspiratorisch auf den Blutzufluss zum Herzen, die Exspiration setzt die gegentheiligen Verhältnisse, sie steigert den intravenösen Druck in den dem Herzen nahen Gefässen. Da die Venen schliesslich nur geringe elastische Kräfte besitzen, wenn sie auch recht dehnbar sind, so hat Zunahme der Füllung derselben einen weit geringeren Effekt in der Steigerung des lokalen Venendruckes als der gleiche Umstand in den Arterien, welche mit weit grösserer Gegenkraft auf die sie übermässig dehnende Blutsäule drücken.

Vom Standpunkte des Pathologen aus ist es von hoher Bedeutung, dass Hindernisse in dem Abflusse des Blutes auch den Blutdruck in den peripher davon gelegenen Venenabschnitten bedeutend ansteigen lassen. Eine derartige intravenöse Blutdrucksteige-

rung pflanzt sich auch noch durch das Herz hindurch fort. Verdichtungen z. B. im Lungengewebe, welche mit Verlegungen des respiratorischen Capillarnetzes verbunden sind, finden in Drucksteigerungen und Erschwerungen des Blutabflusses aus den Hohlvenen ihren Ausdruck. Die Jugularen erscheinen in Folge dessen praller gefüllt, der »Venenpuls« (s. o.) wird sichtbar etc. Selbst Hindernisse, welche durch Unwegsamkeit grösserer Gebiete des Körpercapillarsystemes gesetzt werden, können in gleicher Weise sogar von der Aorta aus durch die Lungengefässe auf die Hohlvenen wirken. Dem gegenüber wird von Lichtheim angegeben und von Anderen bestätigt, dass bei künstlicher Einengung der Strombahn innerhalb der Lungen durch Unterbindung eines Astes von deren Arterie oder durch Einführung von Paraffinemboli der Druck im Aortensystem nicht wesentlich erhöht werde. Krampfhafte Exspirationsstösse wie bei Keuchhusten steigern den Venendruck derart, dass sich in Folge der Blutanstauung in den intrathorakalen Gefässen das Gesicht röthet, dieselben Erscheinungen erzeugt forcirtes Drängen etc.

ε) Der Blutdruck in dem Lungenkreislauf. Die sehr schwierigen und zu den störendsten Eingriffen in dem Respirationsvorgange führenden Blutdruckbestimmungen Beutner's (1852) ergaben in der Lungenarterie einen Mitteldruck von 29,6 *mm* Hg beim Hunde, 17,6 *mm* Hg für Katzen und 12,07 *mm* Hg für Kaninchen. Sein Verhältniss zum Carotidendruck belief sich somit auf etwa 1 : 3, 1 : 5,3 und 1 : 4,2—1 : 6,8. In den Lungenvenen der Katze stellte er einen solchen von 10 *mm* Hg fest. In der Pulmonalarterie des Pferdes fanden ihn Chauveau u. Faivre = $^1/_3$ des Carotisdruckes. Colin, welcher vom Abdomen aus eine geeignete Röhre in die Pulmonalis des Pferdes einstiess, sah das Blut 32—61 *cm* hoch steigen; er schätzt danach den Lungenarteriendruck auf $^1/_4$—$^1/_5$ des Aortendruckes. Auch der Pulmonalisdruck zeigt respiratorische Schwankungen, welche den intrapulmonalen Luftdruckschwankungen parallel gehen, er sinkt also bei inspiratorischer Luftdruckabnahme und umgekehrt (Knoll 1889).

Die gewiss sehr bedeutende Differenz in dem Drucke der beiden Kreislaufsabschnitte kann direct als der Ausdruck geringerer Widerstände im Bereich des respiratorischen Capillarsystemes aufgefasst werden. Der kürzere Weg und die relativ beträchtliche Weite der Lungencapillaren fordern eine weit geringere Triebkraft seitens des Blutmotors als die Körpergefässe. Die nur auf $^1/_2$ bis höchstens $^3/_5$ der Dicke der linken Kammerwand sich bemessende Dicke der rechten Kammerwand, sowie die nur 3 *mm* betragende Stärke der Pulmonalarterienwand gegenüber den 6 *mm* derjenigen der Aortenwand beim Pferde, illustriren auch vom anatomischen Standpunkte diese Verschiedenheit in unzweideutiger Weise.

Die Grösse des Blutdruckes in den Lungengefässen steht übrigens noch weit mehr unter dem Einfluss der Respirationsschwankungen des intrathorakalen Druckes als der der übrigen Blutgefässe. Wie unten

(s. unten) auseinandergesetzt werden wird, bleibt der intrapleurale Druck um einen grösseren Werth hinter dem intrapulmonalen während der Inspiration zurück als während der Exspiration; immer aber verharrt jener unter dem Drucke der Lungenluft. Da nun die Lungencapillaren dem Luftdrucke in der Lunge unterliegen, so wird das Blut beständig aus den Lungencapillaren gegen das Herz abfliessen. Ein Zurückweichen gegen die rechte Kammer gestatten die Pulmonalarterienklappen und der von der Herzsystole gesetzte positive Druck in der Arterie nicht, somit kann es nur gegen die Lungenvenen hinwegströmen, die an sich von dem negativen Intrapleuraldruck mehr betroffen werden, als die dickwandige Lungenarterie, und das in höherem Maasse während der In- als während der Exspiration. So wirken die eigenartigen Druckverhältnisse im Brustraum besonders fördernd auch auf den Lungenblutlauf ein.

ζ) Der Blutdruck wurde oben als eine Folge der rhythmisch fortgehenden Herzthätigkeit dargestellt. Das weist schon darauf hin, dass mit deren Wegfall auch der Blutdruck allmählich herabgeht. Brunner (1855), der durch Erregung der Herzhemmungsnerven Herzstillstand erzeugte, sah auch das Blut zum Stehen kommen, nachdem die Ausgleichsströmung gegen die Venen hin ihr Ende erreicht hatte. Trotzdem sank der Blutdruck nicht, wie theoretisch zu erwarten, auf 0, sondern er bewahrte noch immer eine positive Druckgrösse, eine Höhe von 10—15 *mm* Hg in den Arterien. Diese Erfahrung spricht für eine Ueberfüllung der Arterien mit Blut, die es veranlasst, dass die überdehnten Wandungen, ihrem Bestreben folgend das natürliche Volumen einzunehmen, das Blut gegen die Peripherie weiter und in die weniger gefüllten und nachgiebigen Venen hineindrängen. Daher werden jene am Kadaver auch gern leer gefunden (ἀγγεῖα ἀέρα τηροῦντα).

2. **Die Stromgeschwindigkeit des Blutes.** Die Stromgeschwindigkeit des Blutes findet ihren Ausdruck in der Länge des Weges, welchen ein Flüssigkeitsteilchen in der Zeiteinheit (= 1″) zurücklegt. Sie ist das Resultat der Triebkraft (Druckhöhe) und der sich dem Strömen entgegen stellenden Hindernisse. Dieselbe kann mit Rücksicht auf die oben (s. S. 248) angeführte Beobachtung Poiseuille's über die Art und Weise der Strombewegung in Röhren niemals für alle Flüssigkeitstheilchen eines Querschnittes gleich gross sein; vielmehr schreiten diese mit einer von der Peripherie gegen die Axe hin immer wachsenden Geschwindigkeit fort. Man begnügt sich deshalb damit, die mittlere Geschwindigkeit aus der in gegebener Zeit aus dem Querschnitt ausgeflossenen Menge zu berechnen, indem man diese durch die Anzahl der Flächeneinheiten des Querschnittes dividirt. Erhält man also z. B. aus einem Gefässe wie der Carotis des Pferdes, deren Querschnitt ca. 200 *qmm* beträgt in 1″ 60 *ccm* = 60000 *cmm*, so schreitet das Blut in diesem Gefässe mit einer Schnelligkeit von 300 *mm* in der Zeiteinheit fort.

Die Stromgeschwindigkeit kann indessen noch viel weniger als für alle Bluttheilchen eines und desselben Querschnittes, innerhalb der ver-

schieden weiten Querschnitte des nämlichen Röhrensystems die gleiche sein. Schon die auf pag. 250 gegebenen Erläuterungen über das Strömen von Flüssigkeiten im Allgemeinen zeigen, dass in den engeren Röhrenabschnitten die Stromgeschwindigkeit eine grössere sein muss als in den weiteren, da sonst nothwendig eine Dehiszenz der Flüssigkeitssäule eintreten müsste. Es wird also die gleiche Quantität Blutes, welche in das zentrale Ende einer Arterie innerhalb einer gegebenen Zeit einströmt, aus deren Astsystem wieder abfliessen müssen, auch wenn dieses, wie es thatsächlich der Fall, einen in toto grösseren Querschnitt besitzt. Wenn z. B. die Carotis in 1'' 60 *ccm* Blut erhält, so entleert auch ihr Gesammtkapillargebiet bei regelrechter Circulation in 1'' 60 *ccm* in die zugehörigen Venen; geringere Abfuhr lässt sich dasselbe bald überfüllen und erzeugt so Stauung, stärkere Abfuhr bedingt Blutmangel, Anaemie. So passirt jeden Querschnitt eines zusammenhängenden Röhrensystems, mag er hier enger, dort weiter sein, in der gleichen Zeit die gleiche Blutmenge; hier fliesst das Blut zur Erreichung dieses Zieles schneller, dort dagegen langsamer.

Damit geräth die Stromgeschwindigkeit auch in Abhängigkeit von der Gefässweite; sie verhält sich zu dieser umgekehrt proportional; in dem Masse, in welchem der Gcfässquerschnitt wächst, nimmt sie ab und umgekehrt. In engstem Zusammenhange damit wird die Stromgeschwindigkeit vom Herzen gegen die Capillaren hin geringer werden und von hier gegen das Herz hin wieder ansteigen müssen. Ihr Maximum erreicht sie daher in den grössten Arterien, das Minimum in den Capillaren; in den Venenenden wird sie, wenn auch wieder grösser als in jenen, doch sich auf das Maass der Geschwindigkeit in den Aterien-Anfängen nicht zu erheben vermögen, da der Venenquerschnitt immer grösser ist als der der entsprechenden Arterien und ausserdem zwei Venen an die Stelle einer Arterie treten.

α) Die Messung der Stromgeschwindigkeit. Die diesem Zwecke dienenden Methoden fussen entweder auf der Feststellung der Zeit, welche über die Durchschreitung einer der Länge nach bekannten Strecke seitens des Blutes resp. über der Füllung eines seinem Inhalte nach genau bekannten, in die Strombahn eingefügten Hohlkörpers verstreicht, oder auf der Messung des Ausschlages eines Pendels, welches von dem Blutstrom getroffen wird.

1. Volkmann construirte schon in den 40er Jahren sein Haemodromometer (ὁ δρόμος Lauf) in Form einer U-förmigen, graduirten Röhre, welche durch Kanäle in das centrale und periphere Endstück einer durchschnittenen Ader eingebunden wird. Beide Kanäle sind in Folge eigenartiger Durchbohrung und gemeinschaftlicher Drehbarkeit entweder mit einander in Communication zu bringen, sodass der Strom direkt durch sie seinen Weg nimmt, oder sie schliessen sich gegenseitig ab und führen dafür das Blut durch die U-Röhre hindurch War diese vordem mit 0,6 pCt. NaCl-Lösung gefüllt, so wird diese mit dem Beginn des Versuches durch das einströmende Blut in den peripheren Gefässabschnitt allmählich übergedrängt; durch Notirung des Momentes des Bluteintrittes in die und der Beendigung des Lösungsaustrittes aus der

Röhre, womit gleichzeitig auch das Blut am Ende dieser ankommt, gelingt die geforderte Feststellung hierüber der verstrichenen Zeit.

2. C. Vierordt (1858) und Lortet und Chauveau (1860) basirten ihren Haemotachometer resp. Haemodromographen auf die Thatsache, dass ein im stabilen, bezw. labilen Gleichgewichte befindliches Pendel durch die Grösse des Ausschlages, welchen es von strömender Flüssigkeit aus der Ruhelage gebracht ausführte, die Geschwindigkeit des Stromes empirisch feststellen lässt. Wird nach vorheriger, auf dieser Grundlage sich ergebender Graduirung das Instrument in die durchschnittene Arterie resp. Vene eingebunden, so erhält man auf Grund der Gradtheilung die gesuchte Stromgeschwindigkeit.

3. Danach konstruirte Ludwig (1867) seine Stromuhr (Fig. 19). Den wesentlichsten Theil derselben bilden zwei gleiche eiförmige, genau geaichte Hohlkörper aus Glas, K u. K'; welche oben durch eine ∩-förmige Röhre unter einander in Verbindung (C) gebracht und um gemeinsame Axe A drehbar sind. Jeder von

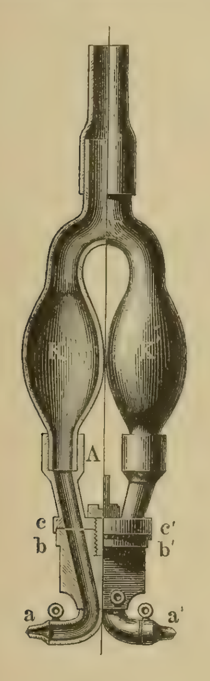


Fig. 19.
Ludwig's Stromuhr.

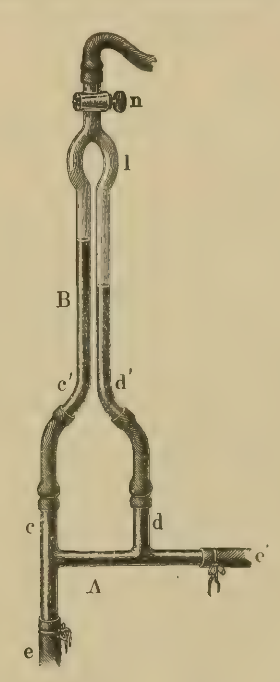


Fig. 20.
Cybulski's Haemophototachometer.

ihnen erhält unten ein Zuflussrohr $a\,b\,c$ und $a'\,b'\,c'$, das bei a resp. a' in den zugehörigen Gefässstumpf eingebunden wird; in ihrem Verlaufe ist jede dieser Metallröhren an genau gleicher Stelle c bezw. c' quer durchschnitten; die Enden aber sind genau aufeinander geschliffen; dadurch ist es ermöglicht, dass der ganze obere Theil des Apparates, also die Glaskugeln, über dem unteren Theile, den Zuflussröhren, um 180° gedreht werden kann, sodass, wenn dies erfolgt ist, c über b' und c' über b eingestellt ist. Die Ausführung des Versuches verlangt nun zunächst die Einbindung der Zuflussröhre a in das centrale, der Abflussröhre a' in das periphere Ende der

Arterie, nachdem K' mit defibrinirtem Blute und K mit Olivenöl gefüllt ist; das nunmehr von a aus in K eindringende Blut drängt das Oel nach K' und das defibrinirte Blut so in die Abflussbahn. Sobald dies geschehen, wird der obere Theil des Apparates um 180° gedreht und damit die Möglichkeit geboten, den Versuch sofort zu wiederholen. Man markirt nun den Augenblick des beginnenden Bluteintrittes in K und dessen Ende. Benutzt man die Zahl der erhaltenen Zeiteinheiten als Nenner für einen Bruch, dessen Zähler die Kapacität des Hohlkörpers darstellt, so erhält man in dem Quotienten die Ausflussmenge für 1''; diese dividirt durch den leicht zu berechnenden Querschnitt des fraglichen Blutgefässes giebt die Stromgeschwindigkeit.

4. Eine sehr sinnreiche Methode zur Abmessung der Stromgeschwindigkeit zugleich in Verbindung mit der graphischen Wiedergabe von deren Schwankungen, welche übrigens auch Athmungs-, Puls-, Herz- und Blutdruckkurven zu zeichnen erlaubt, ist die neuerdings (1884) von Cybulski beschriebene. Derselbe bindet in das fragliche Gefäss (*e* und *e'*), sein Haemophototachometer (Fig. 20), eine rechtwinkelig abgebogene Glasröhre (*A*), ein, welche einmal in der Verlängerung des einen Schenkels gerade an der Umbiegungsstelle der Röhre und weiter in dem anderen Schenkel in geringem Abstande von jener je eine Manometerröhre (*c* und *d*) eingefügt ist: beide Monometerröhren können durch ein ∩-Rohr (*B*) unter einander verkuppelt werden, welches jedoch das Ueberströmen des Blutes aus der einen in die andere durch die in der Biegung befindliche Luft (?) unmöglich macht. Da nun in dem ersten Seitenrohre (*cc'*) ein grösserer Druck den Inhalt höher ansteigen lässt, als in dem zweiten (*dd'*), so besteht in der ∩-Röhre eine Niveaudifferenz, welche als Gefälle zur Bemessung der Stromgeschwindigkeit benutzt wird. Die Grösse dieser Niveaudifferenz in der ∩-Röhre ist nach experimentellen Vorprüfungen nur abhängig von der Stromgeschwindigkeit, sodass die zusammengehörigen Werthe von Höhendifferenz und Stromgeschwindigkeit ein für alle Mal empirisch festgestellt werden können, nachdem die der jeweiligen Druckhöhe entsprechende Stromgeschwindigkeit in der schon mehrfach angeführten Art und Weise, nämlich als Quotient von Ausflussmenge, durch Querschnitt eruirt ist. Die Abänderungen in der Höhendifferenz, wie sie durch die verschiedenen Herzphasen veranlasst werden, projicirt nun C. auf Bromsilberpapier, welches rotirend an dem Manometer vorbeigeführt wird; er erhält so Photogramme, aus welchen die in der Herzphase entsprechende Niveaudifferenz abgelesen werden kann.

β) Die Grösse der Stromgeschwindigkeit. Die mit den oben angeführten Instrumenten angestellten Untersuchungen haben zu recht verschiedenen Resultaten geführt.

1. Für die Arterien, so z. B. für die Carotis der Säuger stellte Volkmann die Stromgeschwindigkeit zu 300 *mm* im Mittel, Vierordt zu 261 *mm* fest; in der Carotis des Pferdes wurde sie auf 306 *mm*, in der A. maxillaris auf 232 *mm*, in der A. metatars. (wohl die A. intermetatars. dors. III) = 56 *mm* gefunden. Dogiel's Experimente lehrten grosse Schwankungen kennen; sie beliefen sich in der Carotis communis des Hundes von der einfachen bis zur doppelten Geschwindigkeitsgrösse (z. B. 243— 520 *mm*) abhängig von den mannigfachsten inneren und äusseren Bedingungen. Als Mittelzahl kann man seinen Mittheilungen die Geschwindigkeitsgrösse von 400 *mm* entnehmen. Auch beim Kaninchen erhielt er solche von 94 und 226 *mm*, im Mittel von 158 *mm*.

Schwankungen der Stromgeschwindigkeit in den Arterien. In den Arterien bleibt die angegebene Stromgeschwindigkeit innerhalb längerer Zeitperioden

indess keineswegs die gleiche, sie wechselt vielmehr schon in der Dauer einer Herzaction recht beträchtlich; jede Systole nämlich erzeugt einen Geschwindigkeitszuwachs, jede Diastole Rückkehr auf die ursprüngliche Grösse. Vierordt bemass diese pulsatorische Acceleration zu $^1/_4$—$^1/_2$ der Geschwindigkeit in der pulslosen Zeit. Aufzeichnungen dieses Geschwindigkeitswechsels, wie sie von Chauveau mittelst seines Dromographen ausgeführt worden sind, ergaben Curven, welche mit dem Sphygmogramme gewisse Aehnlichkeit darbieten; es soll sich darin als geschwindigkeitsförderndes Moment neben dem Bluteintritt in der Arterie auch der Rückstoss auf die Aorten-Klappen erkennen lassen. Cybulski fand mittelst seines oben angeführten Verfahrens bei Prüfung der Stromgeschwindigkeit in der A. carotis (welches Thieres ist aus seinem Aufsatze nicht zu ersehen), während der Systole = 248 *mm*, eine ebenso grosse synchron mit der dikrotischen Welle; während der Diastole dagegen ging sie auf 127 *mm*, also die Hälfte zurück; in der A. femoralis belief sie sich in diesen 3 Phasen der Blutströmung auf 356 *mm* bezw. 300 *mm* und 177 *mm*. Gegen die Kapillaren hin verschwindet die pulsatorische Acceleration; sie soll indess auch in solchen Arterien noch bemerkbar sein, in welchen die pulsatorische Expansion schon in Wegfall gekommen.

Auch respiratorische Schwankungen der Stromgeschwindigkeit machen sich geltend, nach Landois soll jede Inspiration dieselbe etwas retardiren, jede Exspiration etwas beschleunigen. Ich möchte eher das Gegentheil annehmen (s. unten).

2. Die Grösse der Stromgeschwindigkeit in den Capillaren wird nach dem Vorgange E. H. Weber's (1838) durch das Mikroskop unter Zuhülfenahme eines Okularmikrometers, das genau über dem Gefässe orientirt sein muss, ausgemessen; bei gleichzeitiger Feststellung der Zeit, welche über die Zurücklegung einer bestimmten Strecke seitens eines Blutkörperchens verstreicht, gelingt die Eruirung der Geschwindigkeit des Axenfadens. E. H. Weber fand sie in den Capillaren des Froschlarvenschwanzes = 0,575 *mm*, Volkmann bei dem Hunde im Gekröse zu 0,8 *mm*, also etwa = $^1/_{500}$ der Blutstrom-Geschwindigkeit in den grösseren Arterien. Wohl scheint dieselbe bei Betrachtung des Blutlaufs unter dem Mikroskope grösser, sie ist es aber nicht, weil das Mikroskop zwar den Weg, nicht aber die Zeit vergrössert.

3. Die Stromgeschwindigkeit des Blutes in den Venen wurde von Volkmann kleiner gefunden als in den korrespondirenden Arterien, so in der Jugularvene = 225 *mm*. Cyon und Steinmann konnten indessen wesentliche Differenzen darin nicht feststellen. Theoretisch würde das Blut um so viel langsamer fliessen müssen, als der Gefässquerschnitt der Vene weiter ist, als der der zugehörigen Arterie. Landois schätzt sie in den grössern Venen 0,5—0,75 Mal geringer als in den betreffenden Schlagadern.

Es ist verständlich, dass in den den äusseren Einflüssen mehr noch ausgesetzten Venen die Schwankungen durch Herzthätigkeit und Athmung auffälliger sind als in den Arterien, und dass ferner Druck der Nachbarschaft, Lageveränderungen eine je nach der Richtung, in welcher diese Momente auf die Gefässe wirken, steigernde oder retardirende Wirkung ausüben. So soll Streckung und Aussenrollung des Oberschenkels die Schenkelvene erschlaffen und zusammensinken, Beugung und Erhebung dagegen sich dieselbe unter steigendem Drucke strotzend füllen lassen; das bedingt

eine pumpenartige Wirkung, mit Hülfe deren das Blut in Folge der Klappenaction aufwärts geleitet wird (Landois, Braune).

γ) Einflüsse auf die Grösse der Stromgeschwindigkeit. Wenn in Vorigem gesagt wurde, dass die Stromgeschwindigkeit nicht eine directe Resultante des mittleren Blutdruckes sei, sondern von der Grösse der Druckdifferenz abhänge, so ergiebt sich, dass auch Blutdruck und Stromgeschwindigkeit nicht einfach mit einander steigen und fallen. Das gegenseitige Verhältniss beider, welches von Dogiel (1867) näher geprüft wurde, gestaltet sich vielmehr folgendermassen:

1. Wenn bei gleichbleibender Energie der Herzthätigkeit der Widerstand zunimmt, so wächst der Blutdruck und sinkt die Geschwindigkeit: nimmt der Widerstand ab, so sinkt der Blutdruck und die Geschwingigkeit wächst.

2. Bei zunehmender Herzenergie wächst, wenn die Widerstände die gleichen bleiben, Blutdruck und Geschwindigkeit; wenn sie entsprechend grösser werden, so wächst der Blutdruck, während die Geschwindigkeit die gleiche bleibt; wenn sie entsprechend geringer werden, so erhält sich der Blutdruck gleich hoch, die Geschwindigkeit dagegen wächst.

3. Abnahme der Herzenergie erzeugt bei unverändertem Widerstande Sinken von Blutdruck und Geschwindigkeit, bei entsprechender Vermehrung desselben Gleichbleiben des Blutdruckes und Abnahme der Geschwindigkeit, bei entsprechender Minderung desselben Sinken des Blutdruckes und Gleichbleiben der Geschwindigkeit.

Obschon diese Veränderungen in der Grösse der betreffenden Verhältnisse nicht immer eintreten, falls in einem nicht allzugrossen Abschnitte des gesammten Stromgebietes nur der Wechsel der Widerstände Platz greift — denn es bietet sich fast immer dort die Gelegenheit zu kompensatorischer Vermehrung des Abflusses nach anderen Gebieten wenn die Widerstände hier z. B. wachsen —, so wird doch durch die Art und Weise der anatomischen Einrichtung des Gefässsystems oder durch die Einflüsse, welche gegebenen Falls das Nervensystem setzt, unter Umständen dauernd oder vorübergehend der Anlass zu entsprechenden Abänderungen in der Druckgrösse und der Geschwindigkeit gegeben. So ist z. B. in den secernirenden Gefässen der Niere, den Glomerulis, durch die Erweiterung des Gesammtkalibers dieser und die Einengung des Vas efferens das Moment zu einer gleichzeitigen Geschwindigkeitsabnahme und Drucksteigerung gegeben.

Alle diejenigen Einflüsse, welche die Blutdruckdifferenz vergrössern, werden demnach die Stromgeschwindigkeit steigern, umgekehrt alle diejenigen sie herabdrücken, welche jene schmälern. Sehr instructiv sind in dieser Hinsicht die Resultate, welche die mit der Durchschneidung der Vagi Hand in Hand gehende Beschleunigung der Herzthätigkeit erzielen. Nach Cybulski stieg in Folge dessen die Schnelligkeit von 238 *mm* in der Systole, bezw. 177 *mm*

in der Diastole auf 440 resp. 425 *mm*, ein ander Mal von 287 *mm* mittlerer Geschwindigkeit auf 457 *mm*; auch die Lähmung der Vagusendigungen im Herzen durch Curare, das indianische Pfeilgift, bringt einen ähnlichen Effekt hervor.

δ) Mittlere Kreislaufsdauer. Die Kenntniss der Stromgeschwindigkeit würde uns in die Lage setzen, auch die Zeit zu berechnen, welche darüber verstreicht, bis das Blut einmal die ganze Bahn durchströmt hat, resp. bis ein Bluttheilchen bis zur Ausgangsstelle wieder zurückgekehrt ist, wenn ausser jener noch die Länge der ganzen Kreisbahn bekannt wäre. Mit Rücksicht auf die Unausführbarkeit der letzteren Messung haben Eduard Hering (1828) und dann auch Volkmann und C. Vierordt diese Zeit in der Weise festzustellen gesucht, dass sie prüften, wann eine Lösung von Kaliumeisencyanür, die sie in die eine Jugularvene einspritzten, in der anderseitigen durch Ferrosulfatzusatz nachweisbar würde; durch Zusammentreffen beider Substanzen wird ein Niederschlag von Berlinerblau erzeugt; da derselbe im Blute jedoch nicht deutlich, so erscheint es zweckmässig, die entnommene Blutprobe gerinnen zu lassen und von dem ausgepressten Serum 3—4 Tropfen auf weissem Papier mit 1—2 Tropfen der 12,5 pCt. Lösung des Eisensalzes zu versetzen. Nachdem schon Landois (1879) wegen der Gefährlichkeit der Infusionen eines neutralen Kalisalzes für die Herzthätigkeit Milch empfohlen und L. Hermann 1854 das unschädliche Natriumeisencyanür verwendet hatte, hat kürzlich (1884) Smith die bisherigen Methoden durch Einspritzungen von Taubenblut oder wässerigen Karminaufschwemmungen ersetzt, deren Erscheinen in der anderseitigen Jugularis durch das Mikroskop festgestellt wurde. Die Resultate beider Methoden differiren nicht unwesentlich, vielleicht weil, so vermuthet wenigstens der letztangeführte Experimentator, die Blutlaugensalzlösung dem Blute durch Diffusion in der ganzen Blutsäule vorauseilt.

Als Resultate erhielten Hering und Vierordt für die mittlere Kreislaufsdauer

beim Pferde . .	31,3″	(20—30)	beim Kaninchen	7,79″
bei der Ziege .	14,14″		bei der Gans	10,86″
beim Hunde . .	16,7″		beim Huhn	5,17″
bei der Katze .	7,61″			

Smith beim Hunde von 9,5 *kg* 17,5″, beim Kaninchen 11″.

Vierordt glaubt des Weiteren seinen Versuchen, die er in grosser Zahl an verschiedenen Thieren ausführte, entnehmen zu können, dass die mittlere Kreislaufsdauer der Zeit von 27 Herzsystolen entspreche, und dass sich im Allgemeinen die mittleren Kreislaufszeiten zweier warmblütigen Thierarten umgekehrt wie deren Pulsfrequenzen verhalten. Hering konnte jedoch einen directen Zusammenhang zwischen Blutumlaufszeit und Pulsfrequenz nicht konstatiren, vielmehr sah er jene sich in den meisten Fällen ohne Rücksicht auf Puls- (und Athmungs-) Beschleunigung ziemlich gleich bleiben.

Die Länge der Bahn muss naturgemäss einen gewissen, wenn auch nicht gerade sehr hervorragenden Einfluss auf die Umlaufsdauer ausüben; es muss einen gewissen Unterschied bedingen, ob das Bluttheilchen einmal z. B. nächst dem rechten Herzen und dem Lungencapillargebiet nur noch den Herzmuskel passirt, um durch die Kranzvene zum Ausgangspunkte zurückzukehren, oder ob es das andere Mal den Weg durch die Aorta inferior zu dem Capillargebiete der Zehenenden einschlägt. So bemass Vierordt bei Hunden, bei welchen er die Uebertragungszeit von der einen Jugularvene auf die andere zu 16,32″ festgestellt hatte, diejenige von der Jugular- zur Cruralvene auf 18,08″. Die Zeitdifferenz verspricht in diesem Ergebniss allerdings nicht deren Wegesunterschiede, und man darf das mit Rollett wohl auf die Ursache zurückführen, dass die die eigentliche Weglängendifferenz bedingenden Arterien und Venen von dem Blute sehr schnell durchflossen werden, während die Hauptverzögerung hier wie dort in gleicher Weise in den Capillaren stattfindet.

Uebrigens soll bei jungen Thieren die Umlaufszeit geringer sein, als bei älteren, Körperbewegung fernerhin dieselbe abkürzen, Reizung des Vagus dagegen durch Herzverlangsamung sie erhöhen.

b) **Besondere Erscheinungen der Blutbewegung in den verschiedenen Gefässen.** Es wurde bereits (pag. 252) auf die Differenzen hingewiesen, welche sich für die Qualität der allgemeinen Strömungserscheinungen in Arterien, Capillaren und Venen ergeben. Wir müssen ihnen nunmehr eingehendere Berücksichtigung schenken.

1. Die Erscheinungen der Blutbewegung in den Arterien. Der tastende Finger fühlt, auf eine auf fester Unterlage nahe der Körperoberfläche liegende Arterie leise aufgedrückt, ein in regelmässigen Zwischenräumen wiederkehrendes An- und Abschwellen der Unterlage, welches als Arterienschlagen, Pulsiren bezeichnet wird. Die angeschnittene Arterie entleert in continuirlichem Strahle spritzend und in wechselnd grösserem und geringerem Bogen, sowie mit alternirend grösserer und geringerer Geschwindigkeit ihren Inhalt. Diese Erscheinungen deuten auf ein continuirliches, aber aus Strom- und Wellenbewegung combinirtes und deshalb abwechselnd unter grösserem und geringerem Drucke und Geschwindigkeit erfolgendes Strömen des Blutes in der Arterie.

α) **Strom- und Wellenbewegung des Blutes.** Die Blutströmung in den Arterien ist eine centrifugale, sie schreitet also vom Herzen gegen die Peripherie durch die Capillaren zu den Venenwurzeln fort. Die durchschnittene Arterie spritzt deshalb aus dem centralen Schnittende; falls Anastomosen für den peripheren Stumpf vorhanden, kann auch aus diesem das Blut sich entleeren. Die Strombewegung ist ferner eine ununterbrochene, eine continuirliche; die Ursache hierfür liegt in dem dauernden Fortbestehen einer Spannungsdifferenz, wie sie durch die Thätigkeit des Herzens in der Weise erhalten wird, dass das Blut im Mutterstamme des arteriellen Gefässsystems dauernd unter grösserem

Drucke steht als in seinen Auszweigungen, den grösseren und kleineren Arterien und Capillaren. Die Gleichgewichtslage oder Ruhe könnte erst dann eintreten, wenn die Ungleichheit in dem Drucke zwischen Anfang und Ende jenes ausgeglichen wäre. Eine solche Ausgleichung des Spannunterschiedes zu verhüten, ist aber gerade die Aufgabe des Herzens. Seine rythmischen, in kurzen Pausen sich wiederholenden Contractionen haben den bestimmten Zweck, den Druck in der Aorta und Pulmonalarterie auf Kosten des intravenösen Druckes fort und fort wieder zum Ansteigen zu bringen, bevor noch der Ausgleich der Druckdifferenz und damit Stillstand des Blutes sich einstellen konnte. Setzt die rhythmische Arbeit des Herzens aus, so sistirt auch die Wellenbewegung, die Strombewegung dagegen dauert bis zur Ausgleichung der Druckdifferenz an (postmortales Strömen des Blutes).

Das ist der unwiderlegliche Beweis dafür, dass neben dieser Strombewegung, welche zu einer Massenverschiebung in der angedeuteten Richtung führt, in Folge gerade der eigenartigen, stossweisen Arbeit des Herzens eine oscillatorische, wellenförmige Bewegung einhergeht. Jeder Stoss, welcher auf eine Flüssigkeit trifft, wird von einer Erschütterung beantwortet, die sich wegen der nach allen Seiten hin gleichmässigen Fortpflanzung des Druckes in Flüssigkeiten allen Flüssigkeitstheilchen mittheilt und dadurch deren Gleichgewichtslage stört. Es tritt in ihnen eine oscillatorische Bewegung ein, welche jedes Flüssigkeitstheilchen in einer senkrecht zu der Stossrichtung sich einstellenden Kreisbewegung ausweichen und dann wieder in seine alte Gleichgewichtslage zurückkehren lässt. Setzt der Stoss die in eine elastische Röhre eingeschlossene Flüssigkeit in schwingende Bewegung, so wird die der Einwirkungsstelle des Stosses zunächst liegende Flüssigkeitsschichte die Ausweichbewegung zunächst durchmachen und das Rohr daselbst zur Ausdehnung veranlassen. Während aber die erst getroffenen Flüssigkeitstheilchen zur Ruhelage zurückkehren und so hier die Röhrenwand die alte Form wieder annimmt, werden die nächstfolgenden von ihnen getroffenen Schichten die gleichen Schwingungen ihrer Theilchen eintreten lassen, und so muss sich auch die Ausdehnung und Wiedereinengung der Röhrenwand von Abschnitt zu Abschnitt fortpflanzen. Damit läuft auch an der Röhrenwand eine Wellenbewegung entlang, die in Hebung und consecutiver Senkung jedes einzelnen Abschnittes besteht.

Da nun aber in dem Blutgefässsystem der Stoss erzeugt wird durch das Eintreten neuer Flüssigkeit in das mit solcher schon vollkommen gefüllte Rohr, so kommt es, weil mittlerweile die neu hinzugetretene Flüssigkeit an die Stelle der ausgewichenen getreten ist, die sich von hier nicht mehr zurückdrängen lässt, nicht mehr zu einer wirklichen Rückkehr der undulirenden Flüssigkeitstheilchen in die alte Gleichgewichtslage, sondern es wird jedes derselben um eine gewisse Strecke in der Richtung des Stosses fortbewegt. Das ist der Grund, warum

die Wellenbewegung in dem Gefässsystem nicht in einer blossen Fortpflanzung eines Bewegungsvorganges besteht, sondern warum damit gleichzeitig eine Fortschaffung materieller Theilchen verbunden ist. Nach Ablauf der Wellenbewegung durch den Schlauch und Wiederherstellung der Ruhelage befinden sich in Folge dessen die Flüssigkeitstheilchen nicht mehr an derselben Stelle wie vor der Erschütterung, sondern sie sind ja um eine gewisse Strecke im Sinne der Wellenfortpflanzung verschoben (Weber, Fick, Tereg). Weber nennt eine solche Welle eine positive Spannungs- oder Bergwelle.

Als fühl- und an einzelnen Lokalitäten des Körpers, an denen die Arterie eine oberflächliche Lage hat, auch sichtbarer Ausdruck dieser centrifugal fortschreitenden Wellenbewegung im Blute und an den Arterienwandungen erscheint eine schlagende resp. stossende Bewegung, welche unter dem tastenden Finger entlang gleitet und auch die nachgiebigen Nachbartheile der pulsirenden Arterie miterschüttert. Sie heisst der Arterienschlag, pulsus, σφυγμοίς. In ihrer Wiederkehr mit der Wiederkehr und somit der Frequenz des Herzschlages zusammenfallend, muss sie an den dem Herzen näherliegenden Gefässen naturgemäss eher gefühlt werden als in den peripheren. Ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist jedoch eine recht grosse und jedenfalls weit gröser als die Geschwindigkeit der Strombewegung des Blutes selbst; sie beträgt für den Menschen 8,5—10 *m* in 1'' (Landois, Garrod, Grashey), für den Hund 4,75 *m* (Grunmach); deshalb wird schon innerhalb eines geringen Bruchtheils einer Secunde der Herzschlag seine Reaction selbst in den periphersten Theilen des arteriellen Gefässsystemes hervorgerufen haben.

Auf das Studium der Eigenschaften dieser Welle in der Beschaffenheit der Arterie beim Kranken wurde schon seitens der ältesten griechischen Aerzte grosser Eifer verwendet (Hippokrates, Herophilos, Galen u. A.), erst später wurde auch dem normalen Puls entsprechende Berücksichtigung geschenkt; mit Einführung der Experimentalphysiologie und Uebertragung von Bewegungs-Erscheinungen durch die graphischen Methoden auf Papier ist es gelungen, die Grundlagen zu einer Sphygmologie zu gewinnen. Deshalb sei hier in erster Linie der Apparate gedacht, welche dieser dienen.

Die Pulsuntersuchung kann an der freigelegten Arterie erfolgen. Alle Instrumente, die in der Sphygmoskopie Verwendung finden, sind dazu geeignet, allein für diesen Zweck eingerichtet ist:

1. Poiseuille's Kastenpulsmesser (1829); derselbe zeigt durch das Steigen und Fallen einer zugleich mit der Arterie in ein dicht schliessendes Kästchen aufgenommenen, das Blutgefäss direct umspülenden Flüssigkeit innerhalb eines Steigrohrs die Volumensschwankungen der Schlagader.

2. Die eröffnete Arterie schreibt ihren Puls (Haemautographie nach Landois 1874) auf einer in einiger Entfernung von der spritzenden Ader senkrecht vorbeigeführten Glasplatte selbst nieder.

Die oberflächlich liegende Arterie erschüttert durch die Pulsation ihre Nachbarschaft und setzt so auch damit in Kontakt gebrachte, leicht bewegliche Gegenstände, Körper wie Fühlhebel, Flüssigkeiten, Gas etc., in schwingende Bewegungen, die durch entsprechende Schreibvorrichtung auf Papier übertragen werden. Darauf beruhen u. A.

3. C. Vierordt's Sphygmograph (1855); ein durch Gewichte zu belastender Fühlhebel drückt mittelst der Pelotte auf die pulsirende Unterlage und übermittelt die Stösse auf eine Spitze, welche nicht direct, sondern behufs Geradführung durch eine besondere Vorrichtung (Gegenlenker und Watt'sches Parallelogramm) damit in Verbindung gebracht ist; die Kurvenzeichnung findet auf der rot renden Trommel statt.

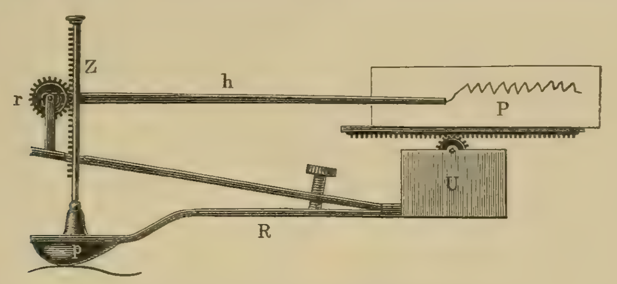


Fig. 21. Marey's Sphygmograph.

4. Marey's Sphygmograph (1860); die Pelotte *p* dieses Instrumentes (vgl. Fig. 21), welche die Bewegungen der Arterie aufnimmt, überträgt dieselben auf eine Zahnstange *Z*, welche in ein kleines Zahnrad *r* (Béhier'sche Schraubenvorrichtung)

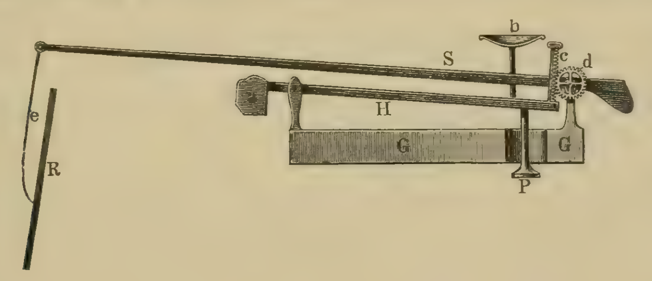


Fig. 22. Landois' Angiograph.
P Pelotte, *G* Grundplatte, *H* zweiarmiger Hebel mit *a* dem Gegengewicht für *b* die Gewichtschale und *c* die Zahnstange, *d* Zahnrad, *S* Schreibhebel, *c* Schreibgriffel, *R* berusster Papierstreifen.

eingreift, an dessen Axe der Schreibhebel *h* angebracht ist; durch die Hebungen und Senkungen der Pelotte wird das Zahnrad gedreht und damit auch der Schreibhebel gehoben und gesenkt; seine Spitze notirt diese Bewegungen auf einem berussten Papierstreifen *P*, welcher aufgeklebt auf eine Platte durch ein das ganze Instrument tragendes Uhrwerk *U* gleichmässig fortbewegt wird. Das Instrument ist vorzugsweise für die Pulsaufnahme an der menschlichen Radialarterie bestimmt und dürfte bei dem stehenden Thiere schwer verwerthbar sein.

5. Landois' Angiograph (1872), ein nach dem von Vierordt benutzten Princip construirtes Instrument, welches die Pelotte *P* also nicht durch Federdruck, son-

dern durch Belastung mit Gewichten (*b*) auf die schlagende Arterie aufgedrückt werden lässt, und die Bewegungen des Schreibhebels (*S*), der mittelst der Béhier'schen Schraubenvorrichtung (*cd*) gehoben und gesenkt wird, auf eine nicht horizontale, sondern senkrecht auf die Axe des Schreibgriffels vorbeigeführte Platte *R* notirt. Vgl. Fig. 22.

6. Der Sphygmograph mit Luftübertragung. Das Instrument, ist das nämliche, welches der Kardiographie (s. o. pag. 234) dient. Ich*) verwendete es in der Knoll'schen Modification vielfach zur Aufnahme der Sphygmogramme auch bei Thieren unter Anlegung des Knopfes (*P*) der Trommel (*R*) auf die Art. transvers. faciei. — Die unten aufgeführten Curven sind damit theils auf den Knoll'schen Polygraphen, theils auf den endlosen Papierstreifen des pag. 233 bildlich dargestellten graphischen Apparates gezeichnet. Martin**) bedient sich zur Darstellung seiner Pulscurven des Pferdes der Marey'schen Percipirtrommel, auf deren Membran er anstatt durch die federnde Pelotte den Druck mittelst einer kuppelförmigen Korkscheibe, welche auf dieselbe aufgeleimt ist, von der pulsirenden Arterie direkt übertragen lässt; er drückt dieselbe nämlich leicht an die per anum erreichte Aorta oder Cruralarterie an und leitet den luftführenden Schlauch von ihr durch das hintere Ende des Rectum zu dem Registrirapparat, dessen Schreibhebel nicht auf einer berussten Fläche, sondern durch eine mit Anilinfarblösung benetzte Feder auf dem weissen Papierstreifen schreibt.

7. Die Uebertragung der Volumensschwankungen des pulsirenden Vorderarmes mittelst Wasser und Luft auf den Registrirapparat bewerkstelligt Mosso's Hydrosphygmograph (1879). In einen cylindrischen ganz mit Wasser gefüllten Glasbehälter wird der Arm eingeführt und jener danach rings um den Arm hermetisch abgeschlossen. Mit dem Cylinder communicirt eine Glasröhre, welche durch den Gummischlauch mit der Registrirtrommel verbunden ist; jegliche durch die Pulsation der Arterien bedingte Volumsschwankung des wasserumspülten Vorderarms führt zum Wassereintritt resp. Wasseraustritt aus der Glasröhre und damit Druckschwankungen der in der Röhrenleitung befindlichen Luft, die durch Hebung und Senkung des Schreibhebels beantwortet werden.

8. Ein älteres durch Steigen und Fallen der in einer Glasröhre eingeschlossenen Quecksilbersäule die Pulsbewegungen wiedergebendes Instrument ist Hérisson's Röhrensphygmometer (1834).

9. Landois construirte (1870) zum Nachweis des thatsächlichen Vorhandenseins sogen. secundärer Elevationen (s. u) in der Pulsation, welche nicht von Nachschwingungen der in Bewegung versetzten festen Körper aus Trägheitsmomenten herrühren, sein Gassphygmoskop. Eine dünne über den Arm hinweggeleitete, aber durch tunnelförmige Bedeckung dicht abgeschlossene Leuchtgasschicht, führt zu einer kleinen aus dem Tunnel hervortretenden Flamme. Hebung der Arterie durch die Pulswelle veranlasst das Anwachsen der Flamme und umgekehrt; die sich mit der Rückkehr der Arterienwand zur Ruhelage verkleinernde Flamme zeigt ein Aufflackern durch die secundären Elevationen.

Das Sphygmogramm. Die mit mehr oder weniger grosser Vollkommenheit durch den einen oder anderen dieser Apparate gezeichnete

---

*) Vgl. meinen Artikel »Kreislauf« in der Encyklopaedie der Thierheilkunde von Koch, Bd. V, Register und Vogel's Aufsatz »ein Fall von Arhythmia cordis beim Pferd« im Repertorium der Thierheilkunde, Bd. 49, Jahrg. 1888, pag. 4.

**) Anwendung des Sphygmographen beim Pferde in dem »Schweizer Archiv für Thierheilkunde«, Bd. 30, Jahrg. 1888.

Curve heisst die Pulscurve oder das Sphygmogramm (s. Fig. 23 u. 24). Der aufsteigende Curvenschenkel *ab* entspricht der primären Expansion der Arterie durch den Bluteintritt aus der Herzkammer, während der absteigende Curvenschenkel *bf* der elastischen Einengung des Arterienrohres korrespondirt; jene beginnt mit dem Blutaustritt, also kurz nach dem Anfang der Kammersystole, diese, da die Kammer nach beendetem Blutaustritt noch einen Moment in der Systole verharrt (Moens), noch vor dem Beginn der Diastole, mit der zweiten Periode der Systole; das Ende der letzteren sucht Moens zwischen *c* und *d*, Talma zieht auch die Rückstosselevation *d* noch in die Zeit der Kammersystole hinein. Grashey endlich verlegt das Ende der Herzsystole nach Punkt *c*, den Semilunarklappenschluss sucht er in der Einsenkung zwischen *c* und *d*, dem Gipfel *d* möchte er keine physiologische Bedeutung zugewiesen wissen. Der aufsteigende Curvenschenkel ist steiler, der absteigende fällt langsamer und dabei auch nicht ganz gleichmässig ab. In seinem Verlaufe stellen sich weitere kleine Erhebungen, secundäre Elevationen *ee* ein; der normale

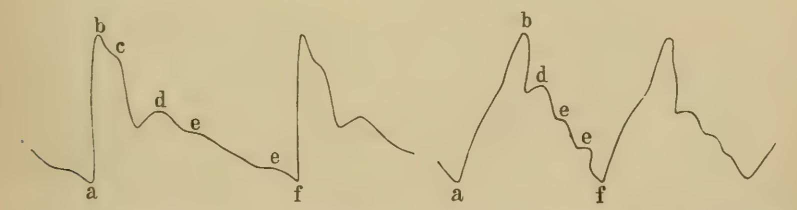


Fig. 23. Pulscurve der Aorta des Pferdes, auf $^1/_2$ verkleinert (nach Martin).

Fig. 24. Pulscurve der Art transvers. fac. des Pferdes, auf das vierfache vergrössert.

a b ansteigender, *b f* absteigender Schenkel der Pulswelle, *c* dessen Aortenklappenschlusselevation, *d* Rückstosselevation, *e e* Elasticitätselevationen.

Puls wird dadurch schon 2-, 3- oder mehrschlägig (di-, tri- oder polykrot, [ὁ κρότος vom Stammwort κρούειν, klopfen, schlagen]), er zeigt Katakrotismus, d. h. secundäre Erhebungen im absteigenden Schenkel; nur selten weist er beim Menschen unter normalen Verhältnissen häufiger in krankhaftem Zustande auch solche im aufsteigenden Schenkel auf (Anakrotismus); bei einzelnen Thieren dagegen scheint die letztere Curvenform die gewöhnliche (vgl. u.).

Das Zustandekommen der katakroten secundären Elevationen wird ausser durch ältere Autoren neuerdings von Landois und Moens zu erklären gesucht. Als besonders in die Augen springende Erhebung erscheint die Rückstosselevation (Landois) oder erste Schliessungswelle (Moens) bei *d*. Sie ist nach Landois die Folge eines Rückstosses, welchen die Aortenklappen nach Beendigung der Kammersystole erfahren in dem Augenblicke, wo durch den Gegendruck der überdehnten Aortenwand das Blut zum Zurückweichen veranlasst wird, dieser Rückstoss erzeugt eine neue positive Welle, welche centrifugal im Arterienrohre fortschreitet, um gegen die Peripherie hin zu erlöschen. Moens erachtet sie dagegen

unter dem Namen »Schliessungswelle« als die Folge einer Aspiration, welche im Momente des Klappenschlusses also der Unterbrechung des Blutzuflusses hinter der aus dem Herzen ausgetretenen Blutflüssigkeit auf diese wirkt. Er vergleicht dieselbe denjenigen Wellen, welche sich in einem elastischen, offenen, von einem Druckgefässe gespeisten Röhrensystem entwickeln, wenn der Zufluss plötzlich durch Hahndrehung abgesperrt wird. In solchem tritt nämlich synchron mit der Schliessung des Hahnes in Folge der Trägheit und des von der Spannung der Wand abhängigen Druckes, welche beiden Momente die Flüssigkeit auch jetzt noch gegen die Ausflussöffnung fliessen lassen, eine Abnahme des Schlauchinhaltes und Verengerung des Lumens insbesondere in der nächsten Nähe des Hahnes ein; mit anderen Worten, die durch den Druck der einströmenden Flüssigkeit überdehnte Röhre engt sich im Momente des Hahnabschlusses am meisten dicht bei dem Hahn auf ein unter dem natürlichen Maasse liegendes Kaliber ein. Da nun aber die elastischen Kräfte der Röhre das Streben nach Wiedererlangung der ursprünglichen Form bedingen, so fordern sie auch mit nachfolgender Wiedererweiterung des Schlauches gebieterisch ein Rückströmen der Flüssigkeit gegen die Einflussöffnung, dadurch wieder ein Anwachsen der hier herrschenden Spannung, wodurch neuerdings Flüssigkeit gegen die Ausflussöffnung getrieben wird u. s. f. Man könnte sich auch so hinter der primären Berg- eine negative Thalwelle herlaufend denken.

Die weiteren, in verschiedener Zahl in dem Sphygmogramm erscheinenden Elevationen des absteigenden Schenkels *e* und *f* sind Elasticitätselevationen d. h. Erhebungen, welche nach Landois (1869) auf die gleichen Schwingungen der elastischen Arterienwand zurückzuführen sind, wie solche auch die Dehnung durch plötzliche Anspannung der schlaffen elastischen Membran und die Erschlaffung der vordem angespannten Membran durch Nachlass der dehnenden Kräfte begleiten sollen. Moens bezweifelt das Vorhandensein solcher Eigenschwingungen der elastischen Schlauchwand bei der Störung resp. Rückkehr zur Gleichgewichtslage; nach ihm dürften sie ebenfalls als übrigens schwächere Schliessungswellen zu deuten sein.

Die nicht constante an den ferneren Arterien scheinbar fehlende Erhebung *c* endlich leitet Landois als Klappenschlusselevation von dem Schlusse der Semilunarklappen her. Das Thal zwischen *b* und *c* würde also dem von der Kammer her in die Aorta fortgepflanzten negativen Drucke, welcher bei der plötzlichen Entleerung der Kammer entsteht (vgl. pag. 225) und dem Klappenschluss als dafür ursächliches Moment vorausgeht, entsprechen (Moens).

Abhängigkeit der secundären Elevationen. Landois, Marey und Naumann studirten die namentlich für die klinische Beurtheilung der Vorgänge im Kreislaufsapparate nicht unwichtigen Gesetze dieser Erscheinungen in dem Ablauf der Wellenbewegung des Blutes genauer. Für die Rückstosselevation fanden sie eine um so höhere Amplitude, je näher die Arterie dem Herzen, je kräftiger die primäre Welle und je geringer die Spannung im Arterienrohr (durch Aderlass, Vasomotorenlähmung, Aussetzen der Herzaction etc.); mit der Entfernung der geprüften Stelle vom Herzen wächst auch der Abstand der Rückstosselevation vom Curvengipfel.

Die Elasticitätselevationen nehmen an Zahl mit der Spannung der Arterienwand, an Höhe mit der Entfernung der Arterie vom Herzen zu, sie können bei mangelnder Elasticität oder sehr herabgesetzter Wandspannung ganz fehlen; bei Drucksteigerung in Folge behinderten Blutabflusses rücken sie näher an den Curvengipfel heran (Landois).

In letzter Zeit hat sich Angerstein*) der Mühe unterzogen unter Tereg's Leitung, die Pulscurve unserer Hausthiere mittelst des Sphygmographe à transmission d. h. des durch Luftübertragung zeichnenden Apparates auf Papier zu bringen, wie sie sich an dem ruhenden, in Bewegung befindlich gewesenen, »gebremsten« Pferde und anderen Haussäugern ergiebt. Die von ihm in unten angegebener Arbeit veröffentlichen Curvenabschnitte sind in Folgendem theilweis wiedergegeben. Die mitfolgenden Curven von Pferd und Schaf stammen aus meinen eigenen Versuchen:

Die in Fig 25 *A* und *B* reproducirten beiden Curven des Pulses der Art. transv. fac. zweier gesunden Pferde, welche übrigens unter ganz gleichen Bedingungen wenige Minuten nacheinander von dem gleichen Apparate aufgezeichnet wurden, bieten ein auffallend verschiedenes Bild, das an die von Marey für die menschliche Radialcurve erhaltenen differenten Ansichten erinnert. Abgesehen von der, wohl nur durch verschiedene Wandspannung und Blutdruck bei beiden Versuchsthieren abhängigen geringeren Amplitude in der Curve *B* erscheint hier vor Allem ein deutlich ausgeprägter Anakrotismus, wie er der Curve *A* fehlt; auch Marey beobachtete solchen in der Regel an der Aortencurve, während er in Martin's Curven nicht ausgesprochen ist; Angerstein's Wellenlinien dagegen führen ihn; in Weiterem entbehrt der absteigende Schenkel der secundären Elevationen, an ihrer



Fig. 25. Pulscurve der Art. transvers. fac. zweier gesunder Pferde mit 36 Pulsen (*A*), bezw. 38 Pulsen (*B*); darunter je die Zeitcurve in Secundentheilung.

Stelle tritt tief unten, nahe der Abscisse eine einzige etwa $^1/_4$—$^1/_3$ der Höhe des primären Gipfels erreichende »Rückstosselevation« (Landois hervor, die dem Pulse einen deutlich dikroten resp. unterdikroten Charakter verleiht. Die nach Art der Bemessung der Zeitwerthe des Kardiogramms ausgeführte zeitliche Berechnung der einzelnen Curvenabschnitte ergiebt in der Curve *A*, deren Einzelwelle von 4,4 bis 4,5 *mm* einer Zeitdauer von 1,8″ entspricht, für den aufsteigenden Schenkel *ab* bei 1,3—1,4 *mm* Weglänge die Dauer von nicht ganz $^1/_3$ = 0,53—0,6″, für den Weg *ad* bei etwas mehr als $^1/_2$ Wellenlänge = 0,93—0,99″ und endlich für den absteigenden Schenkel *bf* bei 3,1 *mm* Länge die Dauer von 70 pCt. der Wellenlänge = 1,26″, und für deren Theilstück *df* diejenige von 0,86″. Die mir zu Gebote stehenden 9 Aortenwellen aus Martin's Versuchen werthe ich dagegen für die Strecken *ab* zu 0,087″, *ad* zu 0,686″, *bf* zu 1,713″ und *df* zu 1,027″ aus. Aus diesen Zahlen, die offenbar grossen Unterschieden in der Elasticität, Spannung und damit auch der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellenbewegung das Wort reden, Schlüsse auf die Dauer der einzelnen Herzactionen ziehen zu wollen, halte ich nicht für gerechtfertigt. Indess Versuche dieser Art liegen vor, so berechnet Angerstein aus seinen Carotis-

*) Angerstein, Der Sphygmographe à transmission und die normale Pulscurve. Arch. f. prakt. u. wissenschaftl. Thierheilkunde, Bd. XV, 446. Berlin 1889.

pulscurven die Dauer der Herzsystole beim Pferde auf 0,6″, die der Diastole auf 0,75″; der Semilunarklappenschluss erfolgt 0,02″ nach deren Beginn.

Aus der Carotiscurve der Kuh (Fig. 26), entnimmt Angerstein die Dauer des Herzaortenstromes zu 0,35″ und die Dauer der Diastole in deren Anfang nach Ablauf weiterer 0,15″, der Schluss der Semilunarklappen fällt zu 0,65″. Beim Kalbe soll dagegen die Dauer des Herzaortenstromes (also der Herzsystole) 0,65″ und jene der Diastole 0,45″ betragen.

Fig. 27 präsentirt die von mir erhaltene Curve der Art. carotis comm. des Schafes; sie stimmt mit derjenigen von Angerstein im Wesentlichen überein. Der aufsteigende Schenkel derselben ist steil nnd entbehrt der anakrotischen Erscheinungen, seine Länge beträgt etwa $^1/_{10}$ der ganzen Wellenlänge; der absteigende Schenkel, ziemlich $^9/_{10}$ derselben in Anspruch nehmend, enthält nach Ablauf des ersten Viertels die Elevation des Systolenendes; Angerstein bestimmt aus seinen Curven die Dauer der Herzsystole auf 0,4″, die der Diastole auf 0,3″.

Fig. 28 stellt die Curve der Art. cruralis des Hundes nach Knoll's Aufnahmen dar. Sie charakterisirt sich durch grosse Steilheit des aufsteigenden Schenkels, spitzen Curvengipfel und Rückstoss- wie Elasticitätselevationen in der descendirenden Curvenlinie.



Fig. 26. Pulscurve der Art. carotis einer $7^1/_2$ jährigen Kuh (Angerstein) mit 50 bis 54 Pulsen.

Fig. 27. Pulscurve der Art. carotis des Schafes (3mal vergrössert). Zeitcurve in Sekundentheilung.

Der Typus der Curven wird durch mancherlei Einflüsse entschieden abgeändert. Bewegung und starke sensible Reize z. B. lassen die Pulscurve beim Pferde niedriger erscheinen; starke sensible Reize verlängern die nur schwach ansteigenden Ascensionslinien der Curve auf Kosten der Descensionslinie (Angerstein), ausgiebige Blutentziehungen lassen dagegen den aufsteigenden Schenkel steiler werden (Marey).

Fig. 28. Pulscurve der Art crural. des Hundes nach Knoll.

Die Verschiedenheiten des Pulses nach Zahl, Stärke und Schnelligkeit des An- und Abschwellens, Füllung der Arterie und Wandspannung. Die Physiologie und Pathologie unterscheiden: 1. mit Rücksicht auf die Schnelligkeit der Pulsfolge neben dem normalen Puls, dessen Frequenz mit derjenigen des Herzens übereinstimmt, einen pulsus frequens und p. rarus; ersterer entspricht einer grösseren, letzerer einer geringeren Zahl von Pulsen als der Normalzahl; 2. mit Rücksicht auf An- und Abschwellen des Arterienrohres, den p. celer und p. tardus; in ersterem Falle erreicht die Arterie schnellend d. h. in sehr kurzer Zeit ihren Höhepunkt, in letzterem Falle dagegen langsam, unter ganz allmählicher Anschwellung. Das spricht sich selbstverständlich auch in der Form der Pulscurve aus, welche als pulsus celer steile Schenkel bei sehr spitzem Gipfel, als pulsus tardus dagegen mässig ansteigende und flachere Spitze bildende Schenkel besitzt. 3. Unregelmässigkeit in der Pulsfolge (Allorhythmie) ergiebt den

pulsus intermittens, aussetzenden Puls, wenn die Herzaktion zu schwach war, um noch in den entfernteren Theilen sich zu dokumentiren, und p. deficiens, fehlenden Puls, bei wirklichem Wegfall einer Herzaktion. Paarweises Auftreten der Pulse mit nachfolgender längerer Pause ist das Wesen des p. bigeminus, der Dreischlag das des p. trigeminus etc. (s. Fig 29) 4. Die Stärke des Pulses (p. fortis und debilis) ist wesentlich von der Kraft oder Schwäche der Herzkontraktion abhängig. Sie kann gewichtlich festgestellt werden durch den mit Gewichten belasteten Pulszeichner Vierordt's oder Landois'. Das Gewicht, welches der Puls eben noch zu heben vermag, entspricht der Stärke desselben 5. Von der Höhe der Welle hängt die Grösse des Pulses ab; man unterscheidet danach den p. magnus und parvus, den inaequalis, den tremulus als den nur als zitternden Stoss fühlbaren Puls und den p. filiformis als den bis zum Verschwinden undeutlichen Puls. 6. Von Einfluss auf die Pulsbeschaffenheit ist auch die Spannung der Arterie, die Resistenz, welche sie dem tastenden Finger darbietet. Sie veranlasst je nachdem den p. durus und den p. mollis. 7. Als Verschiedenheiten in der Form der auf- und absteigenden Curve erscheinen der Ana- und der Katakrotismus. Des

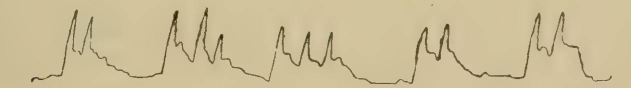


Fig. 29. Pulsus bi- und trigeminus von der Art. transvers. fac. eines an Arhythmia cordis leidenden Pferdes.

letzteren wurde schon oben als einer gewöhnlichen Erscheinung gedacht; indess die Doppelschlägigkeit, pulsus dikrotus, tritt nicht selten in verstärkter Form auf, wenn die Rückstosselevation resp. erste Schliessungswelle erheblich verstärkt ist, was bei verminderter Spannung im arteriellen System aber normaler Elastizität der Blutgefässwand und kurzer primärer Pulswelle vorkommen soll (Landois). Geringe Elastizitätsschwankungen bei der Expansion der Arterie, sodass der ansteigende Curvenschenkel anstatt der langgezogenen /-Figur diejenige eines / oder / erhält, sind nichts aussergewöhnliches; als pathologische Erscheinungen erachtet Landois dagegen nahe dem Curvengipfel auftretende Zähnelungen, wie sie bei Erweiterung und Hypertrophie des linken Ventrikels in Folge von Strömungshindernissen Aortenstenose etc. sich zeigen. Diagnostisch ist endlich noch interessant jene Anakrotie, welche als Folge von Aortenklappen - Insuffizienz sich einstellt und eine deutliche Zacke im aufsteigenden Schenkel zum Ausdruck kommen lässt; Landois sieht in ihr das Spiegelbild der Vorkammerkontraktion, welche sich wegen Mangels eines vollkommenen Abschlusses des Herzblutes gegen das Aortenblut als Welle direkt auf dieses durch das Ostium aorticum fortpflanzt.

Pulsgrösse, Arterienspannung und Durchmesser zu messen ist der Zweck einer von Waldenburg 1878 construirten »Pulsuhr«. Ein zweiarmiger Hebel trägt in der Mitte seines kürzeren Armes an senkrecht absteigendem Stabe die Pelotte, welche durch von unten her an dem Ende des Hebelarmes wirkenden Zug auf die Arterie bis zum Verschluss derselben drückt, dadurch wird zugleich vermittelst indirekter Uebertragung ein Zeiger in Bewegung versetzt, welcher die Grösse des von der Pelotte durchschrittenen Weges auf dem Zifferblatte beschreibt. An dem gleichen Zifferblatte markirt das andere Ende des Hebels die Pulsschwankungen von dem Momente an, von wo die Pelotte die Arterie berührte bis zu jenem, in welchem durch den Pelottendruck die Arterie gänzlich comprimirt ist. Die Excursionen dieses Zeigers messen also die Pulsgrösse, der Ausschlag des ersterwähnten Zeigers den Arteriendurchmesser; die Differenz zwischen beiden Wegen soll der Arterienspannung entsprechen. — Blutdruck und Arterienspannung wird auch durch von Basch's Sphygmomanometer gemessen (s. unter Blutdruck pag. 256).

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswellen. Schon dem Erasistratos war es bekannt, dass die pulsatorische Wellenbewegung in den dem Herzen näher gelegenen Arterien früher gefühlt werden kann als in den ferneren. E. H. Weber (1827) gewann aus dieser Thatsache die Ueberzeugung, dass der Puls durch die vom Herzen in den Arterien erzeugte Wellenbewegung veranlasst werde. Er fand beim Menschen daraus, dass der Puls in der Art. maxillar. ext. um $^1/_6 - ^1/_7$" früher eintrete, als in der Art. dorsal. ped., eine Pulsgeschwindigkeit von 9,24 *m* in 1". Er dehnte seine Studien alsdann auch auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellenbewegung in Kautschuckröhren aus; Marey, Donders, Czermak, Landois, Moens und Grunmach und Andere vervollkommneten dieselben. E. H. Weber fand diese Wellengeschwindigkeit in Kautschuckröhren = 11,26 *m*, Donders = 11—14 *m*; abhängig erwies sie sich dabei vorzugsweise von der Elastizität der Gefässwand und der Grösse des Seitendruckes. Je grösser der Elastizitätskoëffizient, um so grösser ist danach die Pulsgeschwindigkeit; da der Elastizitätskoëffizient mit der Druckzunahme wächst, so steigert sich damit auch jene (Marey, Grunmach); E. H. Weber, Rive und Landois kamen im Hinblick hierauf zu der gegentheiligen Anschauung und Donders konnte keine Influenz seitens der Elastizitätsgrösse konstatiren. Einen weit untergeordneteren Einfluss üben jedenfalls Durchmesser des Gefässes und Wanddicke aus (Grunmach).

Die Prüfung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit führte E. H. Weber durch Bestimmung des Zeitunterschiedes zwischen Eintreffen des Pulses an der Art. maxillar ext. und der Art. dorsal. ped. mittelst der Tertienuhr aus. Czermak liess die Fühlhebel zweier Sphygmographen, deren einer den Puls einer centralen, deren anderer denjenigen der peripheren Arterie aufzunehmen hatte, genau über einander auf derselben Schreibfläche zeichnen und gleichzeitig die Zeitcurve notiren; der Abscissen-Abstand der identischen Punkte beider Curven entspricht dem Zeitunterschiede in deren Eintritt; genauere zeitliche Abmessung gestatten auch hier wieder die Notirung auf schwingender Stimmgabelplatte. Landois bediente sich dreier Markirmagnete, die genau übereinander zeichnen, zwei davon werden durch den Puls der Arterien, eine durch das Mälzel'sche Metronom unterbrochen. Grashey markirt die zeitlich

identischen Punkte zweier genau übereinander schreibender Fühlhebel durch Einschlagenlassen von Funken mittelst des Funkeninduktors in jede der beiden Curvenreihen.

Pulsatorische Erscheinungen des Gesammtkörpers und einzelner Theile desselben. Die Pulsation des Herzens und die Wellenbewegung in den Arterien versetzt auch den Gesammtkörper in Mitschwingungen, man kann das leicht an dem Spielen des Index einer Federwage beobachten, auf welcher eine Person in steifer Körperhaltung steht, an den Erschütterungen des Wassers im Wannenbade bei völliger Ruhelage des Badenden etc. Auch den der pulsirenden Arterie benachbarten Theilen, Luftschichten etc. wird die Pulsation mitgetheilt; bei Kindern im ersten Lebensjahre beobachtet man z. B. über der Fontanelle mit dem Pulse synchrone Erschütterungen der Kopfhaut, im Sitzen mit übereinandergeschlagenen Beinen ein pulsgerechtes Schwingen des oberen durch den damit verstärkten Puls der zugedrückten Arterie, das Auge bietet entoptische Pulserscheinungen etc. Die Luft der geschlossenen Mund- und Nasenhöhle wird durch das Schlagen der oberflächlich gelegenen Mund- und Nasenarterien in pulsatorische Schwingungen versetzt. Landois hat sich mit dem Studium auch dieser Erscheinungen beschäftigt und sie theils durch den Kardiopneumographen, theils durch elastische Wippen registrirt.

Die pulsatorische Erschütterung des Blutstromes führt auch in der Luft des aufgelegten Ohres Schwingungen herbei, welche von uns als Töne resp. Geräusche wahrgenommen werden; man heisst sie Arteriengeräusche. Man vernimmt besonders deutlich unter Anwendung eines das Lumen der Arterie stark einengenden Druckes bei Auflegung des Ohres auf die Art. cubital. des Menschen zwei Schallerscheinungen entsprechend der primären und sekundären Wellenerhebung, von welchen der erste stärker, der zweite schwächer und zwar um so schwächer, je peripherer die Arterie gelagert. In der dem Herzen nahen Carotis kommen dazu noch als »fortgeleitete Geräusche« die über die Blutsäule fortschreitenden »Herztöne«

Die Wellenbewegung des Blutes pflanzt sich bis in relativ enge Ausläufer des arteriellen Gefässsystems fort, gegen das Ende desselben verschwindet sie jedoch, das Blut fliesst also in seinem Uebergang in das Capillargefässsystem gleichförmig dahin. Nur bei starker Erweiterung der Capillaren und Schaffung grosser Widerstände für den Abfluss des Blutes z. B. durch Umschnürung eines Körpertheiles kommt es in dem proximal davon gelegenen Gefässgebiete zur Ausbildung des »Capillarpulses«. Der Abnahme der Wellenbewegung entspricht auch die Abnahme der Amplitude in dem Sphygmogramm der peripher gelegenen Arterien.

Das Erlöschen der pulsatorischen Bewegung gegen die Peripherie hin ist dem unter allmählicher Abnahme der Höhe des Wellenberges mit zunehmender Entfernung erfolgenden Verschwinden der Wellenbewegung um einen in das Wasser geworfenen Körper ver-

gleichbar. Wie hier mit der Ausdehnung der Welle auf eine grössere Oberfläche die Wellenhöhe in gleichem Schritte sich vermindert, so findet auch im Blutgefässsystem das Erlöschen der Pulswelle seine Begründung in der Zunahme des Gesammtkalibers der Gefässe gegen die Peripherie hin. Das gleiche Flüssigkeitsquantum, welches vom Herzen in die Aorta gepresst wird, muss sich diese stärker ausdehnen lassen, als ihre nächsten Theilungsäste und jeden dieser wieder mehr als dessen in Summa weitere Zweige. Dazu trägt weiterhin die Entstehung von Reflexionswellen bei, welche durch Aufstossen des Blutstromes auf die Scheitelpunkte der Theilungsstellen als centripetal fortschreitende der positiven Schlauchwelle entgegenlaufen und dort, wo Wellenberg und Wellenthal zusammentreffen, zur Verminderung der Wellenhöhe führen. Endlich darf man den kleineren Arterien die Eigenschaften einer mehr starren Röhre zuschreiben, da sie wegen ihres vorwiegend muskulösen Charakters der dehnenden Wirkung der erschütterten Flüssigkeit grösseren aktiven Widerstand entgegenzusetzen vermögen, als die grösseren Gefässe des elastischen Typus.

Die Oertlichkeiten des Pulsfühlens. Es ist verständlich, dass die Prüfung des Pulses nur an Stellen vorgenommen werden kann, an welchen die genügend weite Arterie gleichzeitig oberflächlich und auf fester, widerstandsfähiger Unterlage aufliegt; Betastung verbunden mit Arterienkompression lässt den Arterienstoss merklicher werden. Die gewöhnlichsten Lokalitäten dafür sind a) beim Pferde: die Art. maxillaris externa einwärts von der Incisur. mandibul., die Art. transversa faciei dicht unter dem Kiefergelenk, die Art. cubitalis (Fortsetzung der Brachialarterie) mitten auf der Höhe des Unterarm- (Ellenbogen-) Gelenkes, die Art. coccygea media an der Venetralfläche des Schweifes, event. das hintere Ende der Aorta und deren Auszweigungen bei Mastdarmexploration; nur bei entzündlichen Erkrankungen der unteren Zehenenden wird der Puls auch in der grösseren Mittelfussarterie (d. i. im Bereich des Vorderfusses an der medialen Beugesehnenfläche, im Bereich des Hinterfusses an der lateralen Zwischenknochenrinne zwischen drittem und viertem Metatarsalknochen) sowie in den Zehenarterien (also mitten auf der Höhe des ersten Zehengelenkes) gefühlt. b) Beim Rinde ist man fast allein auf Art. maxillaris externa mehr an der lateralen Fläche des Unterkiefers dicht vor dem vorderen Rande des Masseter, die Art. cubitalis wie beim Pferde und eventl. die Art. carotis communis bei ihrem Austritte aus der Brusthöhle angewiesen. c) Bei allen kleineren Thieren prüft man den Puls am zweckmässigsten an der Art. cruralis, wo sie etwas vor der Mitte der medialen Oberschenkelfläche im Cruralkanal entlang läuft.

β) Die Wellenbewegung des Blutes geht mit oszillatorischen Schwankungen des Blutdruckes und der Stromgeschwindigkeit Hand in Hand, welche ein lebhafteres Ausströmen des Blutes aus der Arterie und in grösserem Bogen während der Herzsystole veranlassen, als während der Herzdiastole. Die Maasse, welche sich für diese

pulsatorische Blutdruckzunahme und Acceration des Blutstromes ergeben, wurden bereits oben (s. pag. 259 resp. 267) mitgetheilt. Eine graphische Wiedergabe aller dieser Verhältnisse verschaffen uns die Kymogramme resp. Photogramme, wie sie durch das Photohämatotachometer Cybulski's gezeichnet werden, sie haben mit den Sphygmogrammen aus leichtverständlichen Gründen die grösste Aehnlichkeit.

γ) Die neuere Forschung schreibt der pulsatorischen, also stossweisen Bewegung des Blutstromes eine nicht geringe Bedeutung für das Blutgefässsystem und den Blutlauf, sondern auch für die Athmung zu. Nachdem schon Frey u. Gruber (1885) den Vortheil der intermittirenden Blutströmung bei Durchblutung der Lungen erkannt hatten, ist neuestens von Hamel der Nachweis erbracht worden, dass rhythmisch wechselnder Druck die Blutgefässwände nicht alterirt, sondern eine Art Massage der Gefässwände darstellt, vermöge deren die Bewegung der Gewebssäfte in diesen und den perivasculären Räumen beschleunigt und dadurch bessere Ernährungsverhältnisse geschaffen werden; es resultirt daraus eine Förderung der Cohäsion, Elastizität und Contractilität der Gefässwände. Des Weiteren beschleunigt intermittirender Druck den Blutlauf und lässt, gleiche Druckgrösse vorausgesetzt, in der Zeiteinheit ein grösseres Quantum Flüssigkeit die Gefässe durchströmen, als bei continuirlichem Zufluss, bei dessen Anwendung der Widerstand in den Gefässen sich mit der Zeit steigert. Endlich ist durch Fleischl von Marxow (1888) nachdrücklich des beschleunigenden Einflusses gedacht worden, welchen der rhythmisch wiederkehrende Stoss auf die Abgabe der CO_2 ausübt; derselbe ist deshalb als ein wichtiges Unterstützungsmittel für die Lockerung des Zusammenhanges zwischen Gas- und Flüssigkeitsmolecülen aufzufassen (s. übrigens auch Athmung).

2. Die Erscheinungen der Blutbewegung in den Capillaren. Das Strömen des Blutes in den Capillaren kann relativ leicht mit dem Mikroskope beobachtet werden, wenn man als Objekt durchsichtige Theile lebender Thiere, so die Schwimmhaut des Frosches, die Schwanzflossen der Kaulquappe, die Lungen des gelähmten Frosches oder das Gekröse eines Säugers über die Oeffnung des Objekttisches verbringt. Malpighi studirte 1661 zuerst das Bild der Lunge des Frosches, Andere bedienten sich dazu noch zahlreicher anderer Lokalitäten.

Die Erscheinungen derselben selbst anlangend, so ist aus dem früher Mitgetheilten schon zu entnehmen, dass jene Pulsationen in dem Strömen des Blutes der Haargefässe ganz in Wegfall gekommen sind; das Blut strömt in den Capillaren nicht blos continuirlich, sondern auch ganz gleichförmig dahin; allerdings ereignet es sich, dass namentlich im Gefolge der nothwendigen Präparationen Stauungen sich einstellen, welche das Blut hier und da momentan zur Ruhe kommen lassen und dann eine Anschoppung der betreffenden Gefässe hervorrufen.

Die Elemente des Blutes sind in den Capillaren keineswegs gleich vertheilt: sondern es scheidet sich (vgl. Fig 30), wenn dieselben weit

genug sind, ein Axenstrom von einem Wandstrom. In dem die mittleren $^3/_5$ des Gefässkalibers beanspruchenden Axenstrom werden die rothen Blutkörperchen dicht aneinander gedrängt in schnellem Tempo fortgetrieben, im Wandstrome, dem Poiseuille'schen Raume, welchem rechts und links von jenem $^1/_5$ des Gefässdurchschnittes zufällt, fliesst das Plasma mit den langsam an der Wand fortrollenden Leukocyten entlang; in Folge ihres geringeren specifischen Gewichtes schwimmen sie gewissermassen auf den schwereren Theilen, den farbigen Zellen, eine Erscheinung, welche Schklarewski (1868) in der Weise nachahmte, dass er Gemische specifisch verschieden schwerer Stoffe in feinst vertheiltem Zustande durch gläserne Haarröhrchen trieb, wobei die leichteren ebenfalls in dem peripheren, die schweren in den zentralen Strom sich vertheilten.

Während die farbigen Blutzellen auf ihrer Bahn mannigfachen Elasticitätsproben unterworfen werden, indem sie auf dem Gipfel der Theilungsstelle eine

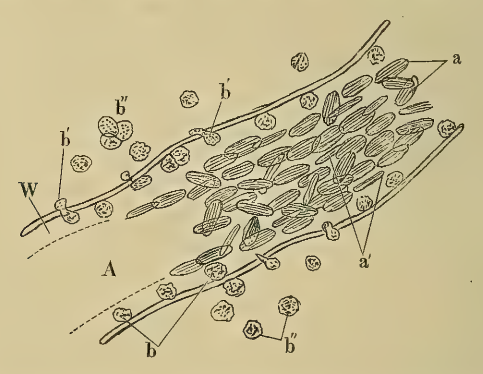


Fig. 30. Strömen des Blutes in einem grösseren Capillargefäss des Frosches (nach Landois).

A Axenstrom, *W* Wandstrom, *a* rothe Blutzellen in Flächen-, *a'* in Kantenansicht, *b* farblose Blutzellen im Poiseuille'schen Raume, *b'* in der Emigration begriffen, *b''* ausgewandert.

Zeit lang festgehalten und nach der einen wie anderen Seite hinübergezerrt werden, bis endlich diese oder jene Flüssigkeitssäule das Uebergewicht gewinnt, indem sie hier gegen eine Umbiegungsstelle geschleudert, dort bei dem Wiederzusammentritt der Capillaren zu Venen gegen einander gepresst werden, rollen die farblosen Blutzellen oft ruckweise in 10—12 Mal langsamerer Bewegung wandständig weiter, scheinbar zuweilen an der Wand wie kleben bleibend.

Des öfteren kommt es dabei zu einer Auswanderung (Emigration, Diapedese ἡ διαπήδησις, Durchtritt) dieser Leukopyten. Das ereignet sich so: nachdem sie zum Stehen gekommen, schicken sie entweder durch ein präformirtes Stoma der Gefässwand, ein Loch, das sie sich event. auch selbst erst einbohren, ein Pseudopodie heraus; diese wird grösser und grösser, indem sich ihr immer mehr und mehr Zellleibmasse nachschiebt: bald ist nur der kleinere Theil im Gefässe zurückgeblieben,

bis auch er dasselbe vollends verlässt. So ist vermöge ihrer Contraktilität und Formveränderlichkeit die Zelle, die eben noch vom Strome des Blutes getrieben wurde, plötzlich Bestandtheil des blutgefässführenden Gewebes, in welchem die Zelle ihren weiteren Funktionen obliegen kann (Ernährung etc.). Als Haupt-Impuls für diesen Vorgang des Uebertrittes der farblosen Zellen aus den Gefässen in deren Umgebung führt Hering den Blutdruck auf, welcher sie und auch einige farbige Blutkörperchen mit dem Plasmastrome durch die Gefässwand hindurchzwängt. Cohnheim erachtet die Emigration einer grösseren Zahl farbloser Zellen für ein Zeichen der Entzündung. Wenn ihnen jedoch die oben rekapitulirten Aufgaben wirklich zufallen, so dürften sie auch in sich oder in den augenblicklich in ihrer Umgebung herrschenden Verhältnissen die Ursache zur Auswanderung finden, ohne dass ein krankmachender Reiz eingewirkt zu haben braucht.

Die sonstigen physikalischen Vorgänge in den Capillargefässen. Die Capillargefässe sind, wie oben bereits angeführt, äusserst dünnwandige Röhren, in welchen der Inhalt unter einem Drucke steht, der in der Mitte der Capillaren etwa der Hälfte des arteriellen Blutdruckes gleichkommt, bis zu deren Ende hin jedoch nur noch $^1/_5$ jenes betragen soll. Beide Umstände zusammen ermöglichen einen lebhaften Verkehr zwischen dem Blute und der die Gefässe umspülenden Gewebsflüssigkeit. Derselbe macht sich auf dem Wege der Endosmose und Filtration.

α) Vermittelst der Endosmose (endosmotischen Diffusion) d. i. des Vorganges des Stoffaustausches zwischen Lösungen verschiedener, aber chemisch indifferenter Substanzen durch die poröse Membran hindurch, giebt das Blut die in reicherer Menge in ihm als den Parenchymsäften enthaltenen, zur Ernährung der Gewebselemente dienenden Eiweisskörper, Kohlehydrate, Fettseifen und Salze ab und nimmt dafür die in der Gewebsflüssigkeit in grösserer Quantität sich findenden Producte der regressiven Metamorphose in sich auf. Bei dem Processe selbst dürften die gleichen Gesetze Platz greifen, wie sie die Endosmose überhaupt beherrschen (s. u.), dabei ist insbesondere der eigenartige Einfluss nicht ausser Acht zu lassen, welcher seitens der Membran selbst als specifischer Diffusionswiderstand auf die Einzelstoffe ausgeübt wird.

β) Durch Filtration d. i. den Durchtritt von Flüssigkeiten (Lösungen) durch Membranen unter Mitwirkung eines einseitig höheren Druckes wird aus dem Blute möglicherweise ein Bruchtheil des Plasmas in toto an die Gewebe abgeliefert. Als treibendes Moment stellt sich hierbei der in den Capillaren herrschende Blutdruck heraus, welcher im Allgemeinen höher ist als der Druck der Umgebungsflüssigkeit. Es ist dabei allerdings anzunehmen, dass sich ähnlich wie dies auch schon die todte Membran auf dem Filter des Laboranten thut, so auch die Capillarwand activ an dem Vorgange betheiligt, indem sie gerade wie bei dem Zustandekommen der Endosmose ihren Einfluss auf die Ge-

schwindigkeit des Durchtrittes geltend macht. Im Allgemeinen darf wohl angenommen werden, dass die Filtrationsgeschwindigkeit von der Grösse des Spannungsunterschiedes zwischen dies- und jenseits der Membran äbhängig ist. Aber andererseits scheint es nach den Untersuchungen Runeberg's, dass der höhere Filtrationsdruck die trennde Membran nicht für alle Stoffe durchgängiger macht. So verändern thierische Membranen z. B. ihre Permeabilität für Eiweissmoleküle und andere in einer Emulsion fein zertheilte Partikelchen derart, dass der höhere Druck die Haut weniger permeabel machen, ein geringerer die Durchgängigkeit dagegen steigern soll.

Durch diese rein physikalischen Vorgänge, welchen sich theils als solcher, theils als chemischer Process auch der Gasaustausch zwischen dem Blute und den Gewebsflüssigkeiten (s. Gewebsathmung) hinzugesellt, machen sich eine Summe von Veränderungen, welche das vordem »arterielle« Blut bald den Charakter des »venösen« annehmen lassen (s. pag. 210). Dieser Uebergang der einen in die andere Blutsorte muss naturgemäss zu einem um so ausgiebigeren Resultate führen, je mehr dem Blute Gelegenheit dazu durch Grösse der Berührungsfläche und langsamen Lauf geboten ist. Darin besteht gerade der grosse Werth der reichlichen Verästelung und Auflösung des Stammes der Blutgefässe in eine um ein so vielfaches grössere Summe von Ramifikationen; denn nur durch sie wird die Oberfläche der Blutsäule so bedeutend vergrössert und gleichzeitig damit die Stromschnelligkeit vermindert; jene wächst auf das 600—700fache, diese sinkt um die gleiche Grösse, sodass im Capillargebiete ein Bluttheilchen in 1'' nur einen Weg von 0,8 *mm* zurücklegt, dabei fast seine ganze Oberfläche der Umgebungsflüssigkeit darbietend.

3. Die Blutbewegung in den Venen. Ihren physikalischen Eigenschaften nach unterscheiden sich die Venen von den Arterien ganz wesentlich durch grössere Weite, geringere Wanddicke, Elasticität und Contractilität, durch grössere Dehnbarkeit und Zerreissungswiderstand; oft entsprechen zwei Venen einer Arterie. Daraus ergiebt sich die geringere Füllung und unvollkommene Anspannung der Venen gegenüber den überfüllten und überdehnten Arterien. Reichliche Anastomosenbildung und endlich das Vorhandensein von Klappen, die den Halbmondklappen an den arteriellen Ostien der Herzkammern analog funktioniren, bilden ausserdem wichtige Unterschiede der Arterien und Venen. Das Alles bedingt auch in der Strombewegung des Venenblutes manche Differenzen.

Erscheinungen derselben. Die Strömung in den Venen ist eine continuirliche und dabei im Allgemeinen gleichförmige, sie schreitet mit änfänglich geringerer, dann grösserer Geschwindigkeit unter Anfangs höherem, schliesslich fast auf 0 herabgehenden Drucke fort.

Die Gleichförmigkeit des Blutlaufes in den Venen bezieht sich insbesondere auf den Mangel der pulsatorischen Erscheinungen, deren ja höchstens als schwache

Wellenbewegung der »Venenpuls« in den grösseren, dem Herzen nahen Endstämmen gesehen werden können. Damit ist vorübergehender Stillstand des Blutes nicht ausgeschlossen und solcher ereignet sich nicht selten. Die Venen besitzen nach Obigem nur sehr dünne Wandungen geringen Compressionswiderstandes, das veranlasst die Möglichkeit des Verschlusses durch leichten Druck von aussen, wie er etwa als Druck der contrahirten und verdickten Muskeln, gebeugter Körpertheile etc. zu wirken vermag.

Für die Unterhaltung der centripetalen Stromrichtung, die als eine an vielen Körpertheilen aufsteigende, also dem Gesetze der Schwere entgegenlaufende, mannigfachen Gefährdungen ausgesetzt ist, ist das Vorhandensein der Klappen von grösster Bedeutung. Dieselben, im Allgemeinen in der Zahl von zwei einander gegenübergestellt, bilden Taschen, deren Zugang herzwärts gerichtet ist; sie wenden also ihre Convexität jederzeit der Peripherie, ihre Concavität dem Centrum zu Das ermöglicht ein Sicheröffnen derselben in dem Momente, wo der Blutstrom, in dem Streben centrifugal auszuweichen, sich in ihren Taschenräumen fängt. Dadurch wird derselbe nicht blos von centrifugaler Stromrichtung abgehalten, sondern die ganze auf tieferen Theilen lastende Blutsäule, welche in den Extremitäten unserer grösseren Hausthiere wegen ihrer Höhe einen nicht unerheblichen Druck auf die Unterlage repräsentiren würde, wird dadurch in eine grössere Zahl einzelner Abschnitte zerlegt, deren keiner auf den tieferen zu drücken vermag, da ein jeder von ihnen durch das darunter befindliche Klappenpaar getragen wird. Die Klappen ermöglichen endlich auch im Zusammenhange mit einer rhythmischen Thätigkeit der Muskeln z. B. beim Gehen eine pumpenartige Wirkung dieser, indem jede Muskelcontraction das Blut centripetal verdrängt und jede Muskelerschlaffung wegen der Unmöglichkeit des Rücktrittes des weiterbefördeten Blutes in den soeben passirten Venenabschnitt einen aspiratorischen Effect äussert.

Die Geschwindigkeit des Blutes in den Venen muss von deren peripheren Wurzeln gegen ihre centralen Enden in dem Masse zunehmen, als der Durchmesser an Grösse abnimmt; in den Hohlvenen dürfte sie die Hälfte der Aortenblutgeschwindigkeit erreichen (Haller). Da der Gesammtquerschnitt der Lungenvenen kleiner sein soll als der der Lungenarterie, so fliesst auch der Blutstrom in jenen schneller als in dieser.

Die Grösse des Druckes nimmt fortschreitend mit der Länge der Bahn ab; derselbe sinkt gegen das Herz hin selbst unter o, ein Umstand, der durch die Aspiration des Thorax begründet ist. Die Blutspannung muss jedoch an derselben Stelle, wenn auch nicht synchron mit der Herzthätigkeit, so doch unter der Wirkung äusseren Druckes durch Muskelaction etc. auf- und abschwanken; darum läuft das Blut z. B. aus der geöffneten Drosselvene bei ruhiger Kopfhaltung zuweilen kaum aus, während des Kauens dagegen entströmt es lebhaft der Ader.

Venengeräusche. Die menschliche Physiologie und mehr noch die Pathologie kennt wie in den Arterien, so auch in einzelnen Venen eigenartige Geräusche: das Nonnengeräusch, ein continuirliches oder mit der Diastole des Herzens, oder auch der Inspiration synchrones Geräusch, welches sausenden, brausenden, selbst zischenden oder singenden Charakters ist, wird bei Anlegung des Ohres in dem Grübchen zwischen den beiden Ursprüngen des M. sternokleidomastoid. oberhalb der Clavicula

gehört, man führt es auf das wirbelnde Einströmen des Blutes aus der engeren Ven. jugular. commun. in den darunter liegenden Venenbulbus zurück. Regurgitirende Geräusche werden bei plötzlichem Drängen durch forcirte Exspiration in Folge eines centrifugalen Blutstromes in den mit undichten Klappen ausgestatteten oder solcher ganz entbehrenden Venen der Schenkelbeuge, den Drosselvenen etc. vernommen. Klappentöne endlich erzeugt forcirtes Drängen in der Cruralvene durch das Zuschlagen der Klappen unter dem zurückstauenden Blute, oder das Regurgitiren des Blutes aus der rechten Kammer bei Insufficienz der Trikuspidalklappe in der Drosselvene u. a.

c) Der Einfluss der Athmung auf die Blutbewegung.

Die aspiratorische Kraft des Brustraumes. Die Athmung ist die Folge des Athmungsbedürfnisses d. h. des Bedürfnisses nach einem Austausch der Athmungsgase O u. CO_2 zwischen Organismus und Umgebungsmedium. Dieses Erforderniss erzeugt die Athmungsbewegungen als Bewegungen der Wandungen der Brusthöhle, welche durch ein regelmässiges Ineinandergreifen aktiver Muskel - Contractionen und elastischer Nachwirkungen in rhythmischer Aufeinanderfolge zu abwechselnder Erweiterung und Verengerung des Brustraumes führen. Die hermetische Einfügung der Lunge in die Brusthöhle derart, dass, während ihre äussere Oberfläche der Wirkung des Luftdruckes entzogen, ihre innere Oberfläche dagegen dieser Einwirkung unterworfen ist, fordert eine unbedingte Folgschaft der elastisch-dehnbaren Lunge mit directestem Anschluss an die Brustwandungen. Dieser Folgschaft, soweit sie durch Erweiterung des Brustraumes zu einer Volumenszunahme der Lunge und damit zur Vergrösserung des Innenraumes dieser führt, arbeitet die Elastizität des Organes nicht ohne Erfolg entgegen. Die Lunge ist nämlich, solange ihre Oberfläche und die Brustwand intakt sind, über ihr natürliches Volumen ausgedehnt; da ein jeder überdehnte elastische Körper das Bestreben besitzt, sich auf seine natürliche Form zurückzuziehen, so wird auch ihr diese Tendenz innewohnen und das in höherem Maasse in der Inspirations- als in der Exspirationsstellung, in welch letzterer in Folge der Annäherung an den Retentionszustand ihre elastische Kraft nicht die gleiche Höhe mehr besitzt, wie in der Inspirationsstellung. Dieser der Umfangsvermehrung entgegenwirkende elastische Gegenzug erzeugt einen Minderdruck in dem Cavum pleurae, der je nach der Stellung der Lunge und Brustwandungen ein mehr oder weniger erhebliches Minus gegenüber dem intrapulmonalen und äusseren Luftdruck darbietet und fortwährend zwischen einem Minimum und Maximum auf- und abgeht. Nach obigen Darstellungen wird dieses Minus am bedeutensten und damit auch die Druckdifferenz am grössten sein, wenn die höchste Inspirationsstellung erreicht ist, und umgekehrt, es wird das Minus und der Spannungsunterschied am geringsten sein, wenn der Brustkorb auf tiefste Exspiration eingestellt ist. Im ersteren Falle beträgt die Differenz zwischen intrapleuralem und äusserem Luftdrucke bis zu 30—40 *mm* Hg, im letzterem nur etwa 6 *mm* Hg, nach gewöhnlicher Exspiration etwa 9 *mm* Hg. (Donders.)

Es leuchtet ein, das damit dem Brustkorb dauernd ein aspiratorischer Zug zukommt, der indessen während der verschiedenen Phasen des Respirationsvorganges verschieden gross ist; während der Exspiration ist er zweifellos geringer als während der Inspiration; jedenfalls ist er jedoch, wenn nicht ganz besondere Verhältnisse vorliegen (starke Steigerung des intrathorakalen Druckes durch forcirte Exspiration in Inspirationsstellung und bei Glottisverschluss), immer vorhanden.

Dieser Umstand muss unbedingt seinen Einfluss geltend machen auf die im Brustkorbe befindlichen Hohlorgane, das Herz und die Blutgefässe, und unter ihnen wieder in höherem Maasse auf die weniger resistenten Venen, als die widerstandsfähigeren Arterien.

Der aspiratorische Zug der Lungen und damit des Brustkorbes wirkt an der Offenerhaltung der Hohlorgane der Brust wesentlich mit und fördert die Eröffnung derselben. Er thut das nach obigem in wirksamerer Weise während der Inspiration als

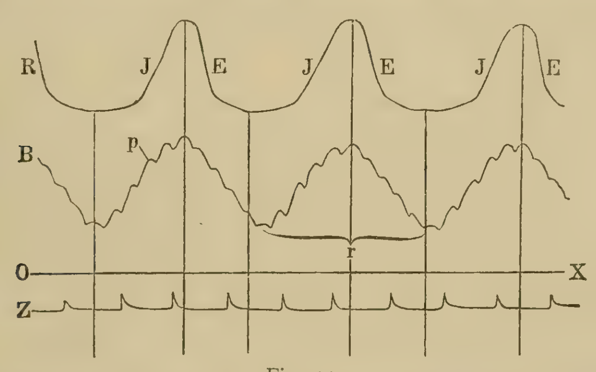


Fig. 31.
R die Respirationscurve des Hundes. *J* Inspiration, *E* Exspiration, *B* die Blutdruckcurve der Carotis des Hundes, *r* deren Respirations-, *p* deren pulsatorische Schwankungen, *Z* die Zeitcurve.

während der Exspiration. Das erklärt im allgemeinen die grössere Blutfüllung der intrathorakalen Blutbehälter während der Inspiration, als während der Exspiration; und es macht diese Thatsache auch verständlich, warum von den ersten Beobachtern der respiratorischen Druckschwankungen die geringere Druckgrösse ohne Weiteres auf die Inspiration, die grössere Spannung auf die Exspiration bezogen wurde.

Indessen die Verhältnisse liegen nicht so einfach, wie man hiernach anzunehmen geneigt sein dürfte. Die Vergleichung gleichzeitig aufgenommener Athmungs- und Druck- oder Pulscurven des nämlichen Thieres haben ergeben, dass die Blutdruckzunahme nicht mit dem Beginn der Exspiration anhebt, sondern bereits mit der Inspiration und dass sie schon im ersten Moment der Exspiration ihr Maximum erreicht; während des Fortganges dieser aber allmählich zu ihrem Minimum zurückkehrt (vgl. Fig. 31).

Das weist bestimmt darauf hin, dass nicht blos der intrapleurale Druck im Allgemeinen diese Erscheinungen hervorruft, sondern dass dieselben wesentlich noch mit abhängig sind und modifizirt werden von dem Einflusse, den die Respiration auf die Blutströmung durch Lunge und Herz und die Herz-Frequenz setzt. Diese Einflüsse müssen augenscheinlich derartige sein, dass dadurch die vorhin als nothwendige Folge der intrathorakalen Druckschwankungen theoretisch angenommene Druckabnahme in den Arterien während der Inspiration und Druckzunahme während der Exspiration nicht nur kompensirt, sondern sogar überkompensirt und in das Gegentheil übergeführt wird.

α) **Der Einfluss der Athmung auf die Herzthätigkeit und den Blutdruck.** Es wurde schon oben (s. pag. 225) der Thatsache Erwähnung gethan, dass neben der elastischen Dehnung der erschlaffenden Herzmuskelfasern und dem intravenösen Drucke auch der »elastische Zug der Lungen« und damit die »aspiratorische Kraft des Brustkorbes« der Füllung der Herzhöhlen ganz wesentlich zu Hülfe kommt. Aber gerade hier macht sich der Unterschied zwischen exspiratorischer und inspiratorischer Saugkraft des Intrapleuralraumes in hohem Grade bemerkbar.

Einbrodt (1860) machte zuerst darauf aufmerksam, dass die Zunahme des intrapleuralen Saugdruckes bei der Inspiration den Blutzufluss zu dem Herzen und die Herzfüllung von aussen wesentlich fördern müsse; daraus resultirt auch die grössere Ergiebigkeit zunächst der Systole der rechten Kammer. Da aber gleichzeitig auch der Blutzufluss von den Lungen zu den Lungenvenen durch die Inspiration in höherem Maasse gefördert wird, als durch die Exspiration (vgl. pag. 261), so empfängt auch das linke Herz während dieser Athmungsphase mehr Blut und kann ebenfalls ein grösseres Quantum in die Blutbahnen überleiten. Die Exspiration arbeitet einer ergiebigen Herzfüllung nicht in dem Grade in die Hände wie die Inspiration, die exspiratorischen Herzentleerungen sind deshalb auch weniger voluminös als die inspiratorischen.

Nächstdem beeinflussen die Respirationsphasen auch die Herzfrequenz. Während der Inspiration nimmt, wie Einbrodt in Uebereinstimmung mit Kuhnt nachwies, die Herzfrequenz zu, während der Exspiration dagegen ab; die Aenderung in der Schlagzahl ist eine in ihrer Entstehung unbekannte Folge der Erregung, welche Hand in Hand mit der Respiration die Herznerven trifft. Jedenfalls ist nun, da sich der Blutdruck überhaupt als eine Konsequenz der rhythmischen Herzthätigkeit mit ihrer ständig wiederholten Drucksteigerung darstellt (s. pag. 253), gleichbleibende Herzkraft vorausgesetzt, eine häufigere Wiederkehr der Herzschläge die Ursache eines höheren, seltenere Wiederkehr dagegen die Ursache eines niedrigeren Muskeldruckes (s. pag. 259).

Kommen also, wie dies in der Respiration thatsächlich der Fall, beide Umstände zusammen, so muss dadurch der Blutdruck ganz

wesentlich abgeändert werden. Er muss ansteigen, wenn, und das trifft für die Inspiration zu, eine häufigere Wiederkehr der Pulsationen des jeweils reichlicher gefüllten Herzens in der Zeiteinheit sich ereignet. Er muss umgekehrt sinken, wenn während der Exspiration Schlagfolge und Herzfüllung abnehmen. Dass dabei die Athmungscurve und die Curve der respiratorischen Blutdruckschwankungen nicht absolut koinzidiren. sondern dass die Maxima und Minima der Respirationscurve den gleichen Punkten der Blutdruckcurve etwas vorausgehen, hat seinen Grund nach Einbrodt in dem Umstande, dass zu der während der Inspiration schon eingeleiteten Drucksteigerung sich mit dem Beginn der Exspiration noch die druckmehrende Wirkung der sich senkenden Thoraxwandung hinzugesellt; diese wirkt so lange fort, bis in Folge der Exspiration die Herzthätigkeit weniger frequent und die Füllung eine geringere geworden und damit das Moment zur Blutdruckabnahme gegeben ist.

Variationen in der Einwirkung der Athmung auf die Herzthätigkeit und Blutdruck. Der intrapleurale Druck kann willkürlich bis zu einem gewissen Grade abgeändert und dadurch auch der Einfluss der Athmung auf die Herzthätigkeit und den Blutdruck entsprechend variirt werden. Valsalva (um 1700) zeigte bereits, dass forcirte Exspiration nach vorheriger Feststellung des Brustkorbes in höchster Inspirationsstellung und bei geschlossener Glottis in Folge der Abnahme des Minus des intrapleuralen und bedeutender Zunahme des intrapulmonalen Druckes dem Zuflusse des Blutes in Brust und Herz von aussen her wesentlichen Abbruch thut, während es die Lungen ihr Blut reichlich an das Herz abgeben lässt. So werden die Brustorgane bald blutleer, das Herz arbeitet erfolglos und es können sogar Herztöne und Pulse verschwinden; in den extrathorokalen Gefässen dagegen sammelt sich das Blut reichlich an, die sichtbaren Venen schwellen auf etc. Aehnliche Zustände, wie sie hier im Extrem für künstlich herbeigeführte Kreislaufsstörungen durch die Athmung geschildert wurden, werden unter Umständen bei krampfhaften Respirationsacten erzeugt, die die gleichen Bedingungen setzen; es sei hier vor Allem an krampfhafte Hustenanfälle erinnert, die entgegengesetzten Wirkungen kann man durch angestrengt inspiratorische Erweiterung des Brustkorbes nach vorhergehender Einstellung im Exspirationszustande und unter Glottisschluss erzielen. Als Resultat stellt sich Ueberfüllung der Herzräume und Lungengefässe neben Blutmangel in den extrathorakalen Gefässen ein (Joh. Müller).

Auch künstliche Athmung, welche durch regelmässig alternirendes Einblasen und Aussaugen von Luft in die resp. aus der Lunge bewerkstelligt wird, lässt während der Inspiration den extrathorakalen Blutdruck ansteigen, während der Exspiration dagegen sinken; aber sie erzielt dieses Endergebniss nicht durch die die Blutströmung durch die Brustorgane so hervorragend fördernden Momente der natürlichen Athmung, sondern durch Vorgänge, welche die in der oben angedeuteten Weise ausgeführte künstliche Athmung eher zu einem Hemmniss, als zu einer Beförderin der Circulation werden lassen. Das Einblasen der Luft nämlich führt nicht, wie dies als Ursache der normalen Inspiration erscheint, zu einer intrapulmonalen Druckab- sondern Druckzunahme; dadurch zu einer Kompression der Lungencapillaren, welche das Blut gegen das linke Herz hin abfliessen und so die extrathorakalen Gefässe sich überfüllen lässt. Das Ansaugen der Luft behufs Erzielung der Exspiration erzeugt durch Abnahme der intrapulmonalen Luftspannung Ueberfüllung der Lungencapillaren

und Retention des Blutes in denselben; dadurch wird das extrathorakale Gefässsystem entlastet und so hier die Blutdruckabnahme herbeigeführt (Kowalewsky).

β) **Der Einfluss der Athmung auf den Puls.** Nächst der Druckcurve bietet auch die Pulskurve, wenn sie mehrere Respirationen überdauert, einen handgreiflichen Ausdruck für die Schwankungen, denen der Blutdruck durch die Respiration unterworfen ist. In Folge der mit dem zunehmenden Blutdrucke verbundenen stärkeren Dehnung des Arterienrohres der extrathorakalen Körpertheile steigt das Niveau der dem Inspirationsacte angehörigen Pulscurven von dem anfänglich tiefsten Stande allmählich an, um mit dem Beginne der Exspiration das Maximum zu erreichen und von da ab wieder bis zu dem Minimum der Höhenlage in dem nächstfolgenden Inspirationsbeginne abzufallen (vgl. Fig. 32).

Daneben erleidet nach einigen Autoren, wie Wolff, Landois, Sommerbrodt auch die Form der Pulscurve eine Abänderung je nach den einzelnen Respirationsphasen. Die Einzelkurve soll höher, die Rückstosselevation stärker, die Elasticitätselevation schwächer ausgeprägt sein in dem der Exspiration zufallenden Theile der

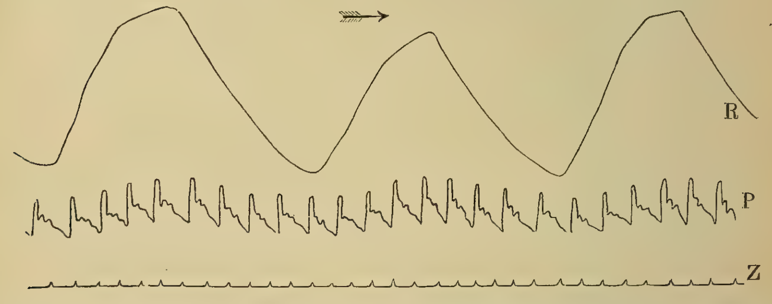


Fig. 32. Respirations- (*R*) und Pulscurve (*P*) des gleichen Individuums, *Z* Zeitcurve in 0,5″-Theilung.

Curvenreihe, als in jenen, welcher mit der Inspiration coincidirt. Nach Knoll sind diese Erscheinungen keine regelmässigen Accidentien.

γ) **Der Einfluss der Athmung auf die Stromgeschwindigkeit** ergiebt sich aus den oben über den Blutdruck mitgetheilten Sätzen von selbst. Wenn, wie auf pag. 268 auseinandergesetzt wurde, die Stromgeschwindigkeit das Ergebniss der Druckdifferenz im Gefässsystem ist, so kann man die Folgen der inspiratorischen Druckzunahme im Arteriensysteme und vermehrten Blutentleerung des Venensystems, also der mit der Inspiration Hand in Hand gehenden Zunahme der Druckdifferenz leicht in einer Beschleunigung des Blutstromes, umgekehrt in der Exspiration aus den entgegengesetzten Verhältnissen die Ursache einer geringeren Retardirung des Blutstromes erblicken.

Landois neigt dagegen der Anschauung zu, dass jede Inspiration deshalb, weil sie durch den gesteigerten Minusdruck im Brustraume das Blut hierselbst zurückhalte, auch die extrathorakale Stromgeschwindigkeit herabmindere, und im Gegensatz jede Exspiration wegen des beschleunigten Blutabflusses gegen die extrathorakalen Theile

die Stromgeschwindigkeit in den Arterien hebe. Dem ist zweierlei entgegenzuhalten: 1. die Inspiration lässt thatsächlich den arteriellen Blutdruck ansteigen, und 2. der grössere Minusdruck des Cavum pleurae in dem Inspirium wirkt zweifellos in höherem Maasse ansaugend auf die dünnwandigen Venen als auf die resistenten Arterien; es wird deshalb ein grösseres Blutquantum aus den extrathorakalen Venen in die Brustgefässe eingesogen, als von den intrathorakalen Arterien den extrathoracischen entzogen; deshalb muss auch der intravenöse Blutdruck während der Inspiration entsprechend mehr herabgehen, als während der Exspiration. Beides zusammen hier grössere Blutdruckzunahme, dort grössere Blutdruckabnahme erzeugt grössere Druckdifferenz und damit beschleunigtere Circulation während der Einathmung, etwas langsamere während der Ausathmung.

C. Die Innervation des Circulationsapparates.

Die bisherigen Schilderungen galten, wie schon die Ueberschrift des Capitels besagt, den rein physikalischen Gesetzen und Erscheinungen der Blutbewegung: sie stellten also den Blutkreislauf als einen mechanischen Vorgang dar, welcher bei regelmässigem Gange der Maschine und ungestörtem Fortbestande ihrer Theile das Blut dauernd in entsprechender Strömung erhält. Die Thätigkeit der Organe und die mannigfachsten inneren und äusseren Einflüsse bedingen indessen Abänderungen sowohl in dem Rhythmus des Herzens als des Motors des Blutstromes, wie in der Beschaffenheit und dem Kaliber der Gefässe, welche kein starres, unveränderliches Bestehenbleiben der einmal gegebenen Einrichtung, sondern eine Accomodation derselben an die wechselnden Verhältnisse forderte. Damit tritt der Circulationsapparat mit all' seinen Theilen in Abhängigkeit zu den übrigen Organen des Körpers. Diese Abhängigkeit desselben vermitteln, wie dies auch zwischen den anderen Apparaten der Fall, die Nerven. Wenn auch, wie schon oben gelegentlich einmal erwähnt, von sich aus also »automatisch« zu einer regelmässigen Einzelaction befähigt, ist das Herz und mit ihm das gesammte Gefässsystem der Herrschaft des Nervensystems doch derart unterworfen, dass es die in diesem direct oder indirect angeregten Vorgänge und Zustände (Affecte etc.) in gewissem Grade widerspiegelt. Diese Thatsache wird erklärlich durch das Vorhandensein leitender Verbindungen zwischen dem Herzen und dem Centralnervensystem, wie auch zwischen diesem und den einzelnen Theilen des Körpers, welche befähigt sind, äussere und innere Eindrücke aufzunehmen.

I. Die Herzinnervation.

a) Anatomische Data. Das Herz beherbergt in seiner eigenen Masse Nervenzellen. Dieselben liegen gruppenweis als Ganglien im subepikardialen Gewebe und im Myokard; von ihnen entstehen Fasern, welche sich theils mit den muskulösen Elementen in Verbindung setzen, anderentheils vielleicht auch zu gewissen, namentlich im endo- und subendokardialen Gewebe angebrachten nervösen Endapparaten (Purkinje'sche Fasern? Schmaltz) führen. Die grössere Anzahl dieser

Nervenzellen, vielleicht alle, unterhalten auch Verbindungen mit dem Centralnervensystem.

Die Untersuchungen, welche nach der Entdeckung des Vorhandenseins von Herzganglien in dem Kalbsherzen durch Remak (1844) insbesondere von Ludwig (1848) und Bidder (1852) zunächst für das Froschherz angestellt wurden, thaten die Existenz zweier grösserer Ganglienhaufen dar. Der eine davon, das Vorkammerganglion (Remak'scher Haufen), sitzt in einem Plexus an der Vereinigungsstelle der beiden Jugularvenen zur Hohlvene, welcher durch den Zusammentritt des Herzastes des rechten und linken Vagus als des scheinbar alleinigen Herzinnervators gebildet wird. Von ihm entspringen zwei Scheidewandnerven, die als ganglienzellenhaltige, der eine auf der vorderen, der andere auf der hinteren Vorhofscheidewandfläche herabsteigen; jeder von ihnen endet sehliesslich an der Atrioventrikularklappe mit einem Kammer- oder Atrioventrikularganglion (Bidder'scher Haufen), von welchen beiden Zellengruppen Fäden zu der Muskulatur der Herzkammer herabtreten, ohne aber jeder Muskelfaser Nervenfasern zuzutheilen.

Bei den Säugern sind derartige circumscripte Zellenhaufen mit gleicher Constanz nicht aufzufinden, wohl aber Ganglienzellen und kleinere Gruppen solcher aus den Ausläufern des Plexus cardiacus; Dogiel (1877) sah sie vorzugsweise in der Umgebung der Einmündungsstellen der grossen Körpervenen, sowie an der Atrioventriculargrenze; Koplewski (1881) in dem Septum atriorum als Nervenring um die Fossa ovalis und in einem durch das Auseinanderweichen der Muskelbündel beider Vorhöfe gebildeten prismatischen Raume oberhalb der ovalen Grube.

Die **extracardialen Herznerven.** Die nervösen Verbindungen zwischen dem Herzen und dem Centralvervensystem werden durch den N. vagus und N. sympathicus geführt, Der X. Hirnnerv, von Haus aus scheinbar rein centripetalleitender Bedeutung, erhält durch ein Wurzelbündel, welches ihm von dem N. accessorius aus als N. accessorius Vagi sich zugesellt, centrifugalleitende, dem Herzen zueilende Fasern; dieselben mischen sich in den Ramis cardiacis Vagi mit Fasern, welche von dem Herzen entstehen und dann centripetal im Halsvagus gegen das Gehirn aufsteigen. Die Herzäste des Vagus gehen mit Zweigen, welche von dem Ganglion cervicale infimum und dem Ganglion thoracicum primum (G. stellatum) Sympathici sich abzweigen, Verbindungen zu dem Plexus cardiacus ein, welcher unter Vermittelung des Vagus auch von dem rechten und linken N. phrenicus Fäden zu empfangen scheint.

Der Plexus cardiacus bezieht seine Wurzeln, wie oben bereits angedeutet: 1. aus beiden Nn. vagi resp. Nn. accessorii vagi. Der rechte Vagus entsendet beim Pferde 2—4 Zweige in der Gegend des Abganges des N. laryng. inf. s. recurr., der linke nur 2 ganz zarte Fäden, welche im Brusteingange zum Gangl. cervic. inf. Symp. oder dessen Herzzweigen direct hinziehen. Die einen wie die anderen verbinden sich schon nach kurzem Verlaufe mit den Sympathicuszweigen. Mit diesen tauscht auch der N. recurrens Vagi Anastomosen aus. Einer dieser Herzzweige, der N. depressor läuft, nachdem er im N. laryng. super. oder aus diesem und dem Vagusstamme zugleich seinen Ursprung genommen, mit oder in dem Vagusstamme, zuweilen auch im Halssympathicus abwärts, passirt das Gangl. cervical. inf. und begiebt sich von hinten her zwischen Art. pulmonal. und Aorta zu dem Herzen. Beim Hunde schmiegt sich der N. depressor dem Halssympathicus an, bei der Katze verliert er sich rechts häufig im Vagusstamme, links tritt er dagegen gesondert zum Herzen. Beim Kaninchen endlich legt sich der N. depress. an den Halssympathicus und durchsetzt in der Brusthöhle ein Gangl. cardiac., in welches vom unteren Halsknoten her auch ein sympathischer Herzzweig eindringt. — 2. Aus dem Sympathicus

dexter und sinister stammen die Nn. accelerantes cordis. Die Herzzweige des Sympathicus nehmen ihren Ursprung beim Pferde in dem Gangl. cervical. infim. und dem Gangl. thoracic. prim. Das linke Gangl. cervical. inf. sendet einen solchen zum linken Atrium und der Kammerscheidewand, er bildet in der Regel mit einem Zweige des Gangl. thoracic. prim. den Annulus Vieussenii; ein weiterer geht zum Lower-schen Sack und zum rechten Ventrikel, nachdem er sich unter der Trachea mit einem Zweige des rechten unteren Halsknotens geeint hat; recterseits giebt das Gangl. thoracic. prim. einen oder zwei Herzzweige ab, deren ventraler mit den Zweigen des unteren Halsknotens Geflechte bildet, um sich dann zur Herzbasis zu wenden, während der dorsale von oben her in diese eindringt. Beim Hunde entspringen 2 Herzzweige vom Ggl. cervic. inf. und 2 weitere vom Ggl. cervic. prim. s. stellat., auch von dem Ram. anastomot., welcher von jenem zu dem N. recurr. Vagi zieht, begiebt sich nicht selten ein N. acceler. zum Herzen. Bei der Katze stammt die Mehrzahl der beschleunigenden Herznerven vom Ggl. stellat., sie bilden, rechts gern in grösserer Zahl entspringend, schliesslich einen gemeinsamen Stamm. Beim Kaninchen entstehen die fraglichen Nerven vom Gangl. cervical inf. und scheinbar nur ausnahmsweise vom Ggl. stellat. Alle diese schliesslich in das Herzgeflecht eingelenkten Beschleunigungsnerven der Herzthätigkeit, wie sie hier oder dort aus dem unteren Hals- oder dem Brustganglion hervorgehen, werden diesen Knoten nicht durch den Halssympathicus, sondern zumeist durch deren Verbindungen mit den Cervical- und und Brustnerven zugeführt. Zu diesem Behufe nehmen sie ihren Weg vom Rückenmark durch die Wurzeln der genannten Rückenmarksnerven theils in dem N. communicans vertebralis (dem Sammelstamm für die Verbindungsäste des 2.—7. [8.] Halsnerven zum Sympathicus), theils in den Rr. communicant der beiden ersten Thorakalnerven zu dem Gangl. stellatum resp. cervical. inf. Das Herzgeflecht selbst aber hat dicht unter und neben der Trachea im Spat. mediast. anter. und an der Herzbasis seine Lage. — 3. Eine Betheiligung des N. phrenicus an der Herzinnervation ist noch nicht nachgewiesen; jedenfalls leiten Fäden von ihm zum N. vagus hin. Ich erhielt bei einem Pferde, dessen Zwerchfellsnerven ich beiderseits durchschnitten und das von der Operation ohne weitere Zufälle vollkommen genesen war, dauernde mässige Herzbeschleunigung.

b) Das Herz als automatisches Organ. Das aus dem Körper ausgeschnittene ebenso wie das im Körper verbleibende, aber aller seiner Verbindungen mit dem Centralnervensystem beraubte Herz setzt noch eine zeitlang seine Bewegungen in dem gleichen Rhythmus fort, wie im intacten, lebenden Thiere. Dann aber werden seine Contractionen langsamer und unregelmässig; diejenigen der Ventrikel, die zunächst sparsamer werden, setzen darauf ganz aus und endlich erlischt auch die Thätigkeit der Vorhöfe; und wenn das Herz auch jetzt noch für äussere Reize empfänglich ist, so wird es doch bald gänzlich unempfindlich — es ist abgestorben. Diese schon von Kleanthes (300 v. Chr.) beobachtete Fähigkeit des Herzens, ganz ohne Zusammenhang mit dem functionirenden Nervensystem weiterpulsiren zu können, hat man seine Automatie geheissen. Sie verbleibt dem ausgeschnittenen Herzen des Kaltblüters (Frosches) bis zu 23—52 Stunden in maximo, des Warmblüters (Kaninchen) durch 11—12 (3¼—36) Min. (Czermak und Piotrowsky); Panum sah noch 15 Stunden nach dem Tode eines Kaninchens rhythmische Contractionen am rechten Atrium, Vulpian beim Hunde sogar noch 96½ Stunde danach.

Aus dieser Thatsache ist zu entnehmen, dass das Herz den Antrieb zu seiner Thätigkeit in sich selbst findet. Es müssen also 1. Vorrichtungen in demselben gegeben sein, welche etwaige Herzreize perzipiren und eine Herzcontraction zu Stande kommen lassen, also, wie der technische Ausdruck lautet, »auslösen«, und es müssen sich 2. in den äusseren Verhältnissen wirksame, die Herzaction anregende Irritamente bieten.

Als erregbare, d. h. zur Perzeption äusserer Reize befähigte und dadurch die Möglickeit von Herzcontractionen abgebende Substanzen des Herzens müssen nach allgemeinen Erfahrungen über die Functionirung von Nerven und Muskeln sowohl die Muskel- wie die Nervensubstanz des Organes aufgefasst werden. Die Weiterleitung der Erregung scheint ebenso der Muskulatur wie der Nervensubstanz zuzufallen oder wenigstens zukommen zu können. Die Leitung der rhythmischen Aufeinanderfolge der einzelnen Phasen einer Herzaction dürfte dagegen alleinige Aufgabe der intrakardialen Nervencentra und Bahnen sein.

Was die Erregbarkeit der Muskel- und Nervensubstanz überhaupt anbelangt, so kann hier nur auf die fraglichen Capitel der Muskel- und Nervenphysiologie verwiesen werden. Für beide ist eine solche zweifellos festgestellt worden, für die Muskelsubstanz scheint sie nicht blos eine »indirecte« d. h. durch die Innervation, wie sie ja in einem Skeletmuskel jeder Faser zukommt, vermittelt zu sein, sondern sie ist für diese augenscheinlich auch eine »directe«; mechanische, thermische, elektrische, chemische und innere Reize versetzen den Muskel direct wie indirect in Contraction. Für die Herzmuskulatur gelang es Kroneker (1874) den Nachweis der directen Erregbarkeit mittelst eines interessanten Versuches zu erbringen. Unter Anwendung des Ludwig'schen Froschherzmanometers demonstrirte er, dass die anatomisch sich als nerven- und ganglienfrei ergebende »Herzspitze« (die von der Vorkammer abgetrennten unteren zwei Drittheile des Kammerabschnittes des Froschherzens) noch zur Thätigkeit veranlasst werden kann, wenn sie durch geeignete Reize (Stich, elektrische Ströme, chemische Substanzen) getroffen wird. Indess die Erregbarkeit der nervenlosen Muskelsubstanz scheint eine geringere als die der Nervensubstanz; Reize, welche auf den ganglienhaltigen basalen Herzabschnitt applicirt, sich als ausreichende erweisen, sind der Herzspitze gegenüber unzulänglich (Hildebrand, von Basch).

Für die Fähigkeit der Weiterleitung einer Erregung nicht blos mittelst der Nervensubstanz — und eine solche ist nach allgemein neurophysiologischen Erfahrungssätzen als unanfechtbar hingestellt (s. allgemeine Nervenphysiologie) —, sondern auch mittelst der Muskulatur des Herzens selbst tritt das Resultat des Engelmann'schen Versuches (1875) ein. Zerschneidet man nämlich die Herzkammer eines eben getödteten Frosches in zwei oder mehr durch ganz schmale Brücken von Muskelsubstanz noch zusammenhängende Stückchen, so contrahiren sich, obwohl durch diese Schnitte die von der Atrioventriculargrenze gegen den Ventrikel herabsteigenden Nerven sicher discidirt sind, nach einiger Zeit auf Reizung eines Stückchens auch die anderen nacheinander und es wird selbst auch die von der damit etwa noch zusammenhängenden Vorkammer ausgehende »automatische« Erregung durch alle einzelnen Abschnitte bis zur Spitze hin fortgepflanzt. Es ist deshalb aller Grund zu der Annahme vorhanden, dass die Erregung nicht wie dies gewöhnlich im Skeletmuskel der Fall zu sein scheint, allein durch die Nerven-

bahnen, sondern auch von Muskelfaser zu Muskelfaser resp. von Muskelzelle zu Muskelzelle direct fortschreitet. Und merkwürdiger Weise scheint die Weiterleitung der Erregung schneller durch die Muskelsubstanz von statten zu gehen als durch die Bahnen der Herznerven, insbesondere der gangliösen Apparate der Atrioventricular-grenze (Marchand). Man erblickt darin eine sehr werthvolle Einrichtung, welche es bewirkt, dass die Contraction des Ventrikels erst anhebt, wenn diejenige der Arterien ihrem Ende entgegengeht.

Für die **automatisch-rhythmische Herzthätigkeit** pflegt man ganz allgemein in den intrakardialen Ganglien die Centralorgane zu erblicken.

Zu der Vorstellung, dass Reize irgend welcher Art zunächst auf die Ganglien direct oder (unter Vermittelung äusserer Herznerven) indirect wirken, und dass von da aus Nervenfasern die Ueberleitung zu der Herzmuskulatur bewerkstelligen, gelangte man auf Grund der Versuche von Volkmann (1844) und Stannius (1852). Jener zeigte zuerst, dass nach der Abtrennung der Vorkammern von der Kammer eines vordem lebhaft pulsirenden Froschherzens die Atrien weiter schlagen, der Ventrikel dagegen stillsteht. Stannius vervollkommnete jene Erfahrung dahin, dass, wenn der Hohlvenensinus genau an der Stelle von dem Herzen abgebunden oder durch Schnitt abgetrennt (Eckard und von Bezold) wird, wo er in das rechte Atrium übergeht, dann zunächst (durch $1^3/_4$—25′ nach Volkmann und Heidenhain) diastolischer Herzstillstand erfolgt, während der Hohlvenensius weiter pulsirt, und dass ferner, wenn ein zweiter Schnitt oder Ligatur genau in der Atrioventriculargrenze als Trennungsmittel zwischen Vorhof und Kammer angebracht wird, dann der Ventrikel wieder in Thätigkeit tritt, während die Vorhöfe in der Ruhe verharren oder sich ganz selten einmal contrahiren. Nachträglich stellte sich das Resultat dieser zweiten Operation als ein sehr variirendes heraus, indem das vordem ruhende sinuslose Herz nach Anlegung des Schnittes oder der Ligatur in dem Atrioventricularsulcus entweder Atrien und Ventrikel aber in verschiedener Frequenz oder die Atrien allein oder den Ventrikel allein allein seine Pulsationen wieder aufnehmen liess. Ueber die Deutung dieser so differenten Versuchsresultate sind die Forscher noch durchaus uneinig; manche (Bidder) erblicken in den Centren des Froschherzens theils automatisch thätige, theils reflectorische d. h. durch Uebertragung äusserer Reize erregbare Apparate, andere (Goltz) schreiben ihnen nur reflectorische Erregbarkeit zu, wieder andere (v. Bezold) fassen die einen als Erregungscentra, die anderen als Hemmungscentra auf; keine der bisher gegebenen Erklärungen vermag sich mit allen Erscheinungen zu decken. Am meisten befriedigt noch diejenige Heidenhain's; danach ist der Remak'sche Zellenhaufen im Hohlvenensinus ein in hohem Maasse irritables Anregungscentrum, der Bidder'sche Haufen an der Atrioventriculargrenze erfreut sich einer solchen Kraft nicht; jener pflegt allein schon die Herzthätigkeit in rhythmischem Gange zu erhalten, dieser kann das nicht; das Herz steht also still, wenn Remak's Haufen davon abgetrennt ist und das ausser aus diesem Grunde auch deshalb noch, weil durch die Operation auch der N. vagus als der Herzhemmungsnerv gereizt worden ist. Befreit man danach den Ventrikel von dessen hemmenden Einfluss, durch Abschneidung oder Ligatur an der Atrioventriculargrenze, so nimmt derselbe unter der alleinigen Wirkung des dadurch gereizten Bidder'schen Haufens seine Pulsationen wieder auf. Halbirt man endlich die Bidder'schen Haufen durch entsprechende Schnittapplikation, so dass eine Hälfte desselben den Atrien, die andere dem Ventrikel zufällt, so können beide wieder in Action treten (Landois). Auch bei anderen Thierarten ergaben sich für die Thätigkeit des Herzens ähnliche Resultate und im Hundeherzen glauben Kronecker und Schmey ein Coordinationscentrum der Herzthätigkeit nachgewiesen zu haben, da Verletzung einer Stelle am unteren Ende des oberen Kammerscheidewanddritttheils den Stillstand des Herzens herbeiführen soll.

Wenn man von dieser letzteren Erfahrung absieht, so würde man in den Vorhofganglien (dem Haufen des Hohlvenensinus beim Frosche) das dominirende Centrum der rhythmischen Herzaction zu vermuthen haben. Durch irgend einen Reiz getroffen, wird es selbst in Erregungszustand versetzt, derselbe wird von da durch die Verbindungen jener mit den Kammerganglien auf diese übergeleitet, um sich schliesslich deren Ausläufern und damit auch der Kammermuskulatur mitzutheilen.

Und doch scheint das Vorhandensein von gangliösen Apparaten in der Herzmasse für die Auslösung rhythmischer Contractionen nicht unbedingt erforderlich zu sein. Eckhard u. A. beobachteten übereinstimmend, dass elektrische und mechanische Reize auch die ganglienlose »Herzspitze« zu rhythmischen Contractionen veranlassen; aber um dies zu thun, müssen sie stärker sein, als zur Erregung solcher in ganglienhaltigen Herzabschnitten; minimale Reize wirken nur unter sonst für die Herzmuskulatur günstigen Verhältnissen der Temperatur, Ernährung etc. unfehlbar, andernfalls lassen sie in Stich.

Bedingungen der Erregbarkeit. Das ausgeschnittene Herz sowie das unversehrte Herz des gestorbenen Individuums stellt nach kürzerer oder längerer Zeit seine Thätigkeit ein. Diese Thatsache weist auf das Fortbestehen einer Summe von Bedingungen hin, wenn das Organ seine Pulsation fortsetzen soll. Die Erfahrung hat gelehrt, dass die Forterhaltung der äusseren und inneren Verhältnisse, wie sie durch die normale Funktionirung aller Apparate des Körpers geboten werden, die günstigsten für diesen Zweck sind. Insbesondere haben sich als Bedürfnisse herausgestellt: 1. die Zufuhr von O und Abfuhr der gebildeten CO_2 (das ausgeschnittene Herz arbeitet deshalb in O-h Atmosphäre weit länger als in CO_2), 2. Durchspülung mit den erforderlichen Nährstoffen (am werthvollsten erweist sich die Summe der in dem Blute oder Serum enthaltenen organischen [Serumalbumin] und anorganischen Substanzen, Pepton-Salzlösungen etc.), 3. Entfernung der sich etwa bildenden Schlacken (solche Umsetzungsprodukte sind Säuren verschiedener Art [CO_2, Milchsäure etc.], weshalb z. B. alkalische Natronlösung das ermattete Herz wieder zur Thätigkeit anfacht).

Als Gifte für die Herzthätigkeit erweisen sich dagegen alle Substanzen, welche entweder das Vermögen, das Organ zu erfrischen und dessen Stoffwechselproducte zu binden, nicht besitzen, sowie gewisse Substanzen, welche das Protoplasma der Herznerven oder Muskeln lähmen, sogenannte »Herzgifte«. Unter erstere gehören die »indifferenten Lösungen«. 0,6 pCt. Kochsalzlösung z. B. lässt die Contractionen des von ihr durch- und umspülten Herzen bald an Intensität verlieren, und erzeugt schliesslich einen Zustand der totalen Erschöpfung, aus welchem das Organ, wenn überhaupt, nur durch die Zufuhr gewisser Nährstoffe (Blut, Alkali [0,005 pCt. kaustisches Natron] Pepton) wieder zur Functionirung erweckt werden kann.

Die Herzthätigkeit vernichten als Herzgifte zahlreiche Stoffe; aber sie wirken dabei in sehr differenter Weise. Eine Anzahl derselben regen in kleinen Gaben die Herzthätigkeit an (in solchen sind sie also herzanregende Arzneimittel), in grossen Gaben aber erzeugen sie wogende Herzcontractionen und in sehr grossen Gaben systolischen Herzstillstand; hierher gehören die Digitalisglycoside, Koffein, Antiarin (das javanische Pfeilgift Upas Antiar aus Antiar toxicaria), Strophantin,

Convallamarin, Veratrin und seine Verwandten, Physostigmin, Kamphora, Kaliumsalze und viele Andere. Die arzneilich meist gebrauchten von ihnen (Koffein, Strophantin u. A.) vermindern die Herzfrequenz und mehren gleichzeitig die Herzkraft. Eine weitere Gruppe derselben bewirkt durch ihre Einwirkung auf die Herzganglien in geringen Dosen Zunahme der Herzfrequenz und Herzkraft, während sie in grossen Gaben diastolischen Herzstillstand bewirkt; als solche Medicamenta analeptica gelten Alkohol, Wein, die Anästhetica (Aether, Chloroform, Choral), Moschus etc. Wieder andere führen zwar anfangs Beschleunigung der Herzthätigkeit herbei, dann aber Frequenzabnahme und Herzlähmung in der Diastole; so Aconitin, Nicotin, Delphinin etc. Das Hemmungscentrum des Herzens wird in hohem Maasse gereizt und dadurch event. diastolischer Herzstillstand erzeugt durch das Muscarin (das Gift des Fliegenpilzes, Agaricus muscarius). Als Gegengift desselben ist durch Lähmung des Herzhemmungscentrums das Atropin wirksam. Die Verbindungswege zwischen dem N. vagus und den Herzganglien lähmt das Curarin (das indianische Pfeilgift).

Reize. Die Herzthätigkeit unterliegt intra vitam schon dem Einflusse gewisser Reize, welche entweder von innen oder von aussen her auf sie ihre directe Wirkung äussern. Der Erfolg derartiger directer Reizung entfaltet sich in der Regel kräftiger, wenn der Reiz die innere Oberfläche des Herzens trifft, als wenn er auf dessen Aussenfläche applicirt wird; und immer bedingen die Reize von mässiger Stärke zunächst eine Vermehrung der Herzfrequenz, während sehr starke Reize weiterhin Abnahme und schliesslich Lähmung der Herzthätigkeit veranlassen. Das Herz wird durch Ueberreizung und zwar zuerst im Bereich des Kammertheiles erschöpft. Die Wirkung derartiger directer Reize ist an dem Froschherzen vorzugsweise studirt worden, da dasselbe am längsten seine Funktionen auch ausserhalb des Körpers fortsetzt.

Methode. Nach C. Ludwig's Angaben construirten E. Cyon (1866) und andere von Schülern des Leipziger Meisters das »Froschherzmanometer« in mehrfachen Modificationen. Als wesentliche Theile desselben gelten: 1. eine Zu- und Abflussröhre (Kanülen), welche in das Herz entsprechend (jene in die Ven. cav. inf., diese in die Aort. sinistr. bei gleichzeitiger Unterbindung der übrigen Zu- und Abflussbahnen) eingebunden werden, 2. ein zur Aufnahme des Organs bestimmter event. mit Flüssigkeit zu füllender Behälter, 3. ein mit der Abflussröhre verbundenes Manometer. Der Gang der Versuche verlangt die Anwendung verschiedener chemischer Agentien, welche das Herz durch- und umspülen, ferner differenter Temperaturen in ihrer Einwirkung auf das Herz, endlich die Gelegenheit zur Durchleitung des electrischen Stromes; zu dem letzteren Zwecke ist speciell das Herzmanometer von Luciani, welches in Folge der Aortenunterbindung keine Durchspülung, sondern durch Eintauchen in Flüssigkeit nur eine Umspülung erlaubt, mit einer Durchleitungsvorrichtung ausgestattet. Zur Ausmessung der unter den verschiedenen Verhältnissen entwickelten Herzkraft dient das mit der Kanüle verbundene Manometer; dasselbe ist im Cyon'schen Herzmanometer an das Abflussrohr angefügt, das Luciani'sche trägt es an dem durch eine Mariotte'sche Flasche ständig gefüllt erhaltenen Zuflussrohr; durch die Herzcontractionen wird der Kammerinhalt in das Manometer gedrängt, dadurch dessen Hg-Säule einseitig verlängert und gleichzeitig eventuell mittelst eines Schwimmers ein Schreibhebel in Bewegung gesetzt, welcher auf dem berussten Papier entsprechende Curven zeichnet.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen gehen dahin, dass a) mechanische Reize, wie äusserer Druck die Frequenz der Herz-

schläge zunehmen lassen und, wenn dasselbe sehr stark ist, eine Gewoge der Muskulatur erzeugen. Steigerung des Herzinnendruckes wirkt in ähnlicher Weise, auch er vermehrt die Herzthätigkeit (C. Ludwig und Thiry etc.) — ein Umstand, der auf rein mechanischem Wege den durch abnorm erhöhten Blutdruck in den Gefässen gesetzten Widerstand kompensiren hilft. Umgekehrt bewirkt Abnabme des intravaskulären Druckes auch Abnahme der Herzenergie und Frequenz, wodurch an Herzkraft bei fehlendem Bedürfnis gespart wird. Ein einfacher Stich in das ruhende Herz erzielt eine einmalige Contraction. — b) Thermische Reize werden durch Zu- und Abnahme der Umgebungstemperatur gebildet. Ansteigen derselben vermehrt die Herzfrequenz und Energie, für das Froschherz aber sind 25—30° C. überschreitende Temperaturen schon Ursache zur Thätigkeits-Abnahme, ebenso wie unter 4° C. herabsinkende Temperaturen die Pulsation schliesslich lahmlegen. Beide Erfahrungen sind für die Pathologie des Fiebers und des Kollapses von hoher Bedeutung. Fieberhafte Temperatur-Steigerung geht regelmässig auch mit Pulszunahme Hand in Hand, bei länger andauernder Fieberhitze leidet das Herz Noth; abgesehen von dem directen Schaden, welchen die fiebererzeugenden und fieberentsprossenen Stoffe des Blutes setzen, wird das Organ durch excessives Funktioniren erschöpft. Auch im Kollaps ist das Sinken der Temperatur von Abnahme der Herzaction gefolgt. — c) Der Einfluss der electrischen Reizung des Herzens richtet sich wesentlich nach der Art und Weise des angewendeten Stromes; weniger Bedeutung hat in dieser Richtung seine Stärke, denn Kronecker zeigte, dass der noch wirksame schwächste Oeffnungsinduktionsschlag den gleichen Effect erzielt wie der kräftigste, dass also minimale Reize zugleich maximale sind. Ein einziger Inductionsschlag lässt das diastolische Herz sich contrahiren, auf das systolische Herz übt er naturgemäss keine Wirkung aus; dagegen versetzen rhythmisch sich wiederholende Unterbrechungen starker constanter Ströme das Herz in einen gleichen Thätigkeitsrhythmus (Bowditsch). Mässig starke constante Ströme, welche das Herz dauernd durchfliessen, regen die Herzfrequenz an; sehr starke constante Ströme erzeugen ebenso wie tetanisirende Induktionsströme ein tetanisches Wogen der Herzmuskulatur (C. Ludwig und Hoffa) mit gleichzeitigem Sinken des Blutdruckes (Sig. Mayer). — d) Wenn schon sog. »indifferente« Lösungen die Herzthätigkeit beeinträchtigen (s. o.), so ist es leicht verständlich, dass die meisten chemischen Substanzeu dem Herzen gegenüber Reize sind. Die gallensauren Salze der Galle z. B., wie sie bei der Gelbsucht Aufnahme in das Blut finden, setzen, in grösserer Menge dem Blute beigemischt, die Herzfrequenz herab (Budge, Röhrig), in sehr verdünnten Lösungen dagegen steigern sie die Schlagzahl (Landois), ähnlich wirken eine Anzahl Pflanzen- und die Phosphorsäure. Den entgegengesetzten Einfluss üben die Narkotika, wie Opium, Aether, Chloroform und Chloralhydrat, indem sie theils schon in verdünntem, theils in concentrirtem Zustande schnell Rückgang der Herz-

frequenz und Herzstillstand herbeiführen. Auch die »giftigen« Gase lähmen dem Blute beigemischt, mit oder ohne vorherige Reizung, das Herz; so nach ersterem Modus Chlorgas, nach letzterem schweflige Säure, Schwefelwasserstoff, Lustgas, Kohlenoxydgas etc. Kohlensäure tödtet schneller ab, als Sauerstoffmangel. — Eine eigenthümliche Erscheinung bietet das Froschherz, wenn es mit centrifugirtem, vollkommen hämoglobin- und körperchenfreiem Serum gefüllt ist (Luciani), es erzeugt dann in längeren oder kürzeren Intervallen Gruppen von Pulsationen. In Abständen von je 60—100″ treten Perioden von 40—50″ auf, welche durch 8—16 und mehr Herzschläge ausgefüllt sind. Diese periodische Funktionirung verschwindet sofort, wenn defibrinirtes Blut oder rotes Serum an die Stelle jener ersten Speisungsflüssigkeit tritt (Rossbach); setzt man dem hellroten Blute dagegen ein wenig Veratrinlösung zu, so treten sie sofort wieder in die Erscheinung.

c) Das Herz unter dem Einflusse des extrakardialen Nervensystems. Wie schon oben ausgeführt, steht das Herz in hohem Maasse unter der Herrschaft gewisser Vorgänge und Zustände im Centralnervensystem (Affecte); diese Thatsache hat das Organ in vulgärer Auffassungsweise zum Sitze zahlreicher seelischer Vorgänge gemacht, welche in ihrem Zustandekommen keinerlei Zusammenhang mit dem Herzen haben, aber eben auf die Thätigkeit dieses Organes ganz wesentlichen Einfluss üben.

Das **extrakardiale Herznervencentrum**. Die Experimentalphysiologie hat unter Zuhülfenahme der Durchströmung der Medulla oblongata mit dem electrischen Strome in diesem Hirntheile Vorrichtungen nachzuweisen vermocht (Ed. und E. H. Weber, 1875), welche eine Einwirkung auf die Herzaction zu setzen im Stande sind. Man vermuthet dieselben in Zellengruppen, die als ein »regulatorisches Nervencentrum« einerseits mit dem Grosshirn und mit der Peripherie des Körpers, andererseits mit dem Herzen in Verbindung stehen. Dadurch können Reize, welche von dem Gehirn oder der Aussenwelt ausgehen, auf das Herzcentrum übertragen und von hier dem Herzen zugeleitet werden, oder mit anderen Worten, es können reflektorisch Erregungen aller Art auf das Herz projicirt werden.

Die Erfolge dieser Versuche lassen zwei verschiedene Centren in dem verlängerten Marke annehmen: ein Hemmungscentrum und ein Beschleunigungscentrum. Ersteres veranlasst, durch den schwachen electrischen Strom gereizt, Abnahme der Herzfrequenz, durch tetanisirende Ströme erregt, sogar diastolischen Herzstillstand; letzteres bei Erregung des verlängerten Markes nach vorheriger Durchschneidung der Vagi (als der Ueberträger der Erregung des Herzhemmungscentrums) Beschleunigung der Herzaktion.

Die Leitung von und zu den intramedullären Herzcentren. α) **Die Verbindung der Herzhemmungscentra mit dem Herzen durch die Nervi vagi.** Wenn auch gewisse einander widersprechende Resultate die Bedeutung der Nn. vagi als Leitungsbahnen für die Erregungen des einen oder

anderen Herzcentrums zweifelhaft erscheinen lassen, so kann man doch auf Grund der Reizungs- und Durchschneidungs-Erfolge in den Vagis die Ueberträger aller herzhemmenden Reize von dem Centralnervensystem auf das Herz vermuthen; man hat deshalb die Nn. vagi häufig die Herzhemmungsnerven geheissen und zwar sind sie es in quantitativer und qualitativer Beziehung, durch ihre Erregung wird nicht blos die Zahl, sondern auch die Energie der Herzactionen vermindert (Coats).

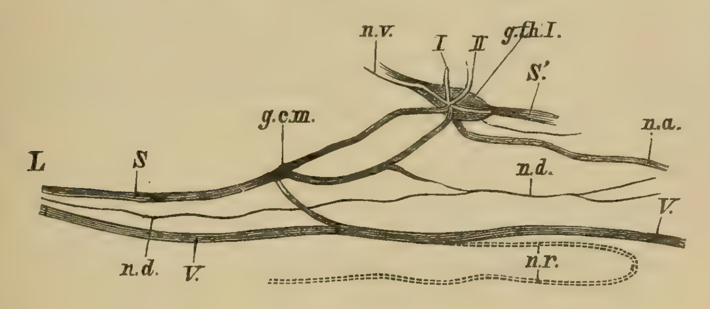
Die Durchschneidungsversuche am Lungenmagennerven haben nicht ganz übereinstimmend eine Herzbeschleunigung veranlasst; insbesondere ist einseitige Discision meist ohne merklichen Einfluss auf die Herzfrequenz. Dagegen bewirkt beiderseitige Resection der N. vagi in den weitaus meisten Fällen ein sofortiges oder binnen sehr kurzem sich einstellendes Ansteigen jener. Diese Thatsache wurde von R. Wagner (1854) zuerst für Kaninchen festgestellt, dann von zahlreichen Autoren für dieses Thier und den Hund, von Ellenberger für das Schaf und von mir für das Pferd bestätigt; Ellenberger erhielt einen Zuwachs an Pulsen bis auf 160 und ich bei Pferden einen solchen bis auf 70 und 90; bei einem Pferde hob sich schon nach linksseitiger Vagotomie die Pulszahl auf 60—70. Demgegenüber trat in den Versuchen von Kohts und Tiegel bei 20 von 38 Kaninchen und bei 2 von 5 Hunden nach doppelseitiger Durchschneidung Verlangsamung ein; eine Erklärung dieser Widersprüche in den Versuchsresultaten fehlt zur Zeit noch. Auch zahlreiche Versuche über die reflectorische Erregung der Herzthätigkeit (s. u.) lassen in den Nn. vagi die herzverlangsamenden Nerven erkennen; so erzeugt Reizung des centralen Stumpfes des N. depressor (s. u.) Verminderung der Herzfrequenz nur, solange die Nn. vagi intact sind, nach deren Durchschneidung kommt dieser Erfolg in Wegfall (Ludwig und Cyon).

Weitere Erfahrungen über die Bedeutung der genannten Nerven für die Herzthätigkeit verdanken wir den Reizungsversuchen der Gebr. Weber, Eckhard's Heidenhain's und vieler Anderer (1851 ff.). Durchschneidet man den freigelegten Vagusstamm und reizt dann den centralen, zum Gehirn aufsteigenden Nervenstumpf, so tritt, vorausgesetzt, dass der anderseitige Vagus ebenfalls durchschnitten ist, eine erhebliche Abänderung der Herzfrequenz nicht in die Erscheinung. Applicirt man dagegen auf den peripheren, zum Herzen führenden Stumpf einen mechanischen, chemischen oder electrischen Reiz, letzteren mittelst eines electromagnetischen Rotationsapparates, welcher in 1″ 18—20 rhythmisch sich wiederholende Schläge setzt, so kann man innerhalb eines sehr kurzen Zeitraumes (das Stadium der latenten Reizung beträgt nach Pflüger, Donders $^1/_6$″) Verlangsamung der Herzaction erzielen, welche bald durch Verlängerung der Herzpause (= mehreren, bis gegen 60″ bei Säugern, bis zu 1 h 49′ bei der Ringelnatter [A. B. Meyer]), bald durch Verminderung des einzelnen Herzschlages, bald durch beides zusammengenommen, herbeigeführt wird. Intensive Vagusreizung veranlasste selbst diastolischen Herzstillstand (Ed. und E. H. Weber 1875). Wird der Nerv an der Reizstelle durch andauernde Reizung erschöpft, so hebt sich die Herzthätigkeit wieder; ähnliches ereignet sich nach der Entfernung des Reizes. Zuweilen scheint eine Präponderanz des einen Nerven gegenüber dem anderen vorzuliegen, jedoch ist eine Konstanz in dieser Erscheinung, wie sie Masoin u. A. an Kaninchen, Hunden und Tauben für den rechten Vagus in Anspruch nahmen, nicht vorhanden (Langendorff u. A.), vielmehr ist das Reactionsvermögen resp. die Erregbarkeit des einen der beiden Nerven oft grösser als des anderen.

Unter der Wirkung gewisser Gifte ändert sich dieser Einfluss der Vagi auf das Herz ab; bei mit Atropin oder Nicotin vergifteten Thieren ruft Vagus-Reizung Herz-

beschleunigung hervor (Schiff, Truhart u. A.). Dasselbe beobachtete Schiff, wenn er das Blut des Herzens bei Fröschen durch Kochsalzlösung verdrängte; überhaupt sollen viele Natriumsalze die hemmende Wirkung des N. vagus aufheben, die Kaliumsalze sie danach aber wieder beleben können. Starker intrakardialer Herzdruck scheint endlich die Wirksamkeit des Vagus herabzumindern, so dass die Pulsationen sehr lebhafte werden (J. M. Ludwig und Luchsinger).

Nach diesen Versuchen, insbesondere dem fast momentanem Eintritte der Herzbeschleunigung nach der Durchschneidung zu schliessen, befindet sich der Vagus von dem Centrum seiner Herzfasern aus fort und fort als Hemmungsnerv für die Herzthätigkeit im Zustande der Erregung; man pflegt das einen »Tonus« in des Nerven



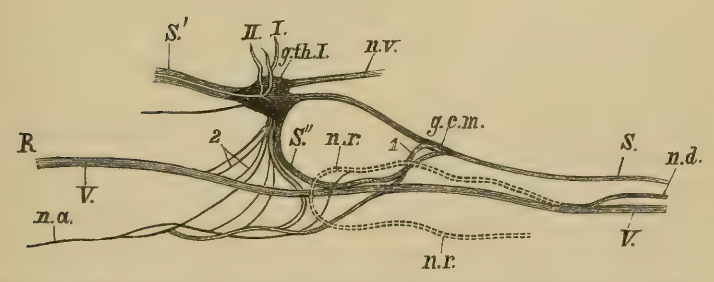


Fig. 33. Plexus cardiacus und Ganglion stellatum der Katze (nach Böhm). *L* von der linken, *R* von der rechten Seite. *V* N. vagus, *n.r.* N. recurrens, *n.d.* N. depressor, *S* Halsportion des N. sympathicus, *S'* Brustportion desselben, *S''* doppelte Verbindung zwischen Gangl. cervical. med. und Gangl. thoracic. *I.*, *g.c.m.* Gangl. cervicale medium, *g.th.I.* Ggl. thoracic. I., *1* Verbindungszweig zwischen Ggl. cervical. med. u. N. vagus, *2* Ram. communic. zwischen Ggl. stellat. u. N. vag., *n.a.* N. accelerans cord., *n.v.* N. vertebralis, *I*, *II* Ram. communicant. des *I* u. *II* Brustnerven zum Ggl. stellat.

Einwirkung auf das Herz zu heissen. Alle Reize, welche das Vaguscentrum treffen, werden sich wegen dieser so innigen Beziehungen zwischen Hemmungscentrum und Herz sehr schnell in einer Verlangsamung der Herzaction, alle Vorgänge, welche desssn Erregbarkeit herabdrücken, sehr schnell in einer Herzbeschleunigung widerspiegeln.

Landois schliesst sich der von den meisten Autoren getheilten Anschauung des Vorhandenseins eines ständigen Erregungszustandes des Vagus, also eines Vagustonus,

der von seinem Centrum aus unterhalten würde nicht an, er hält vielmehr dafür, dass bei normalen Verhältnissen der Blutmischung und Athmung das Vaguscentrum nicht ständig erregt ist.

Nach Waller's (1856), Schiff's u. Heidenhain's Untersuchungen stammen die herzhemmenden Vagusfasern aus dem M. accessorius; die Entartung derselben, durch Ausreissen der Accessoriuswurzel des Vagus im Foramen jugulare von Kaninchen herbeigeführt, liess die herzhemmende Wirkung bei Reizung des betreffenden Vagus in Wegfall kommen, dagegen Frequenzzunahme in die Erscheinung treten — Erfahrungen, welchen freilich entgegengesetzte Gianuzzi's und Bernard's gegenüberstehen.

β) **Die Verbindung der Herzbeschleunigungscentra mit dem Herzen.** Eine Anzahl von Versuchen machen es wahrscheinlich, dass der N. vagus auch beschleunigende Fasern behergt, welche die Thätigkeit des Herzens antreiben. Moleschott (1861) vertheidigt deren Vorhandensein

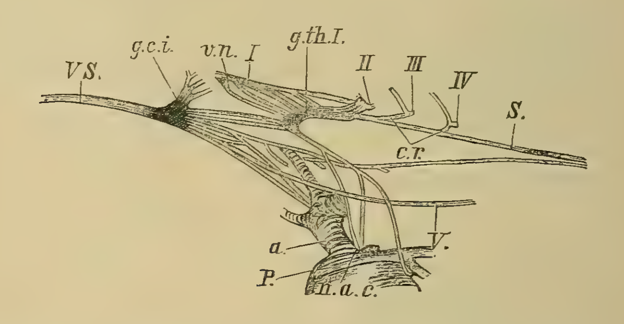


Fig. 34. Plexus cardiacus des Hundes von der linken Seite (nach E. Cyon). *VS.* N. vagosympathicus, *V.* N. vagus, *S.* Brustgrenzstrang des Sympathicus, *g.c.i.* Ggl. cervicale infim., *g.th.I.* Ggl. thoracic. I., *n.a.c.* Nerv. accelerans cord., *I, II, III, IV* Stamm des 1., 2., 3., 4. Brustnerven, *n.v.* N. vertebral., *r.c.* Ram. communicant. für den N. sympathic., *a.* Aorta, *P.* Art. pulmonal.

energisch, durch schwache Reizungen des Vagus will er bei Fröschen und Kaninchen die Herzfrequenz in sehr vielen Fällen vermehrt haben; auch Schiff (1865) und viele andere Autoren erzielten bei mit Atropin, Truhart bei mit Nicotin vergifteten Tieren durch Vagusreizung Herzbeschleunigung; Panum (1858) und Gianuzzi (1872) belebten durch Reizung des Vagus das absterbende Herz zu frequenterer und kräftigerer Arbeit. Trotzdem sind die Versuchsergebnisse keine übereinstimmenden. von Bezold, Pflüger, Eckhard u. A. widersprechen deshalb der Annahme beschleunigender Fasern im Vagus sehr entschieden. Sicher aber finden sich solche im N. sympathicus. Sie werdem diesem scheinbar nicht schon durch den Halssympathicus zugeleitet — denn dessen Reizung erzielt keineswegs immer Zunahme der Herzfrequenz (Ludwig und Weinmann), wie sie Moleschott und Nauwerk bei schwacher Irritation des peripheren Stumpfes des Halssympathikus aller-

dings gefunden haben wollen, ebenso wenig wie seine Durchschneidung konstant eine Abnahme jener veranlasst —, sondern die herzbeschleunigenden Fasern scheinen erst dem Gangl. cervicale infimum und Gangl. thoracicum primum zugeführt zu werden, und von da aus an das Herzgeflecht heranzutreten. Nach den Untersuchungen von Legallois (1812) und von Bezold nehmen diese Fasern augenscheinlich durch das Halsmark ihren Weg, — daher bewirkt Reizung des Rückenmarkds Beschleunigung der Herzpulsation — und treten dann mittelst dessen Rr. communicantes cervicales an das erste Brustganglion. Von hier soll nach Schmiedeberg (1871) der von dem Verbindungsstamme des Ggl. thoracic. prim. zu dem Ggl. cervical. infim. beim Hunde abgehende Zweig als Nerv. accelerans functioniren und dem Herzen die Beschleunigungsreize übermitteln.

Die Wirkung dieser Fasern auf die Herzthätigkeit weicht übrigens von derjenigen des Vagus entschieden ab, insofern als Reizung der von den genannten beiden Ganglien direct oder unter Vermittelung des Vagus hinziehenden Nerven erst nach längerem Latenzstadium eine Beschleunigung um 30—70 pCt. der ursprünglichen Frequenz bedingt, welche auch nach Entfernung des Reizes bei weitem nicht so schnell in Wegfall kommt, als dies bei der durch Vagus-Reizung erzielten Herzverlangsamung der Fall ist. Gerade wegen dieser so auffallenden Verschiedenartigkeit in der Einwirkung der Hemmungsnerven und der Beschleunigungsnerven auf das Herz ruft gleichzeitige Reizung beider Nerven, auch wenn diejenige des Vagus noch so schwach ist, Abnahme der Herzfrequenz, nachfolgend aber, d. h. nach Entfernung des Reizes wegen der nachhaltigen Wirkung der Sympathicus-Reizung, Herzbeschleunigung hervor. Mit der Beschleunigung der Herzthätigkeit ist vorzugsweise Verkürzung der Systolendauer verbunden (Baxt), die Ausgiebigkeit der einzelnen Contractionen scheint darunter nicht nothzuleiden.

γ) **Die Verbindung der extrakardialen Herzcentra mit der Körperperipherie.** Reize und Insulte verschiedener namentlich sensibler Art, welche gewisse Theile der Körperperipherie treffen, deren Nerven in keinerlei Zusammenhang mit dem Herzen stehen, strahlen in ihren Wirkungen auch auf die Herzthätigkeit aus, ein Beweis, dass diese Reize von der Körperperipherie zunächst den Herzcentren in der Medulla oblongata zu- und von da nach dem Herzen übergeleitet werden. Man nennt solche Leitungen, welche von einer Stelle der Körperperipherie zunächst einem Centrum im Centralnervensystem und von hier wieder zur Körperperipherie übergeführt werden reflectorische, und die auf diese Weise ausgelösten Vorgänge Reflexvorgänge. Sie bedürfen zu ihrem Zustandekommen regelmässig einer centripetalen (d. h. zum Centralnervensystem führenden) Leitungsbahn, einer Umschaltungsstelle, »Reflexcentrum« genannt, einer centrifugalen zu dem reagirenden Organ führenden Leitungsbahn und des auslösenden Reizes.

Centripetale Leitungsbahnen für die intramedullären

Reflexcentren glaubt man nun nachgewiesen zu haben: 1. in zahlreichen sensiblen Nerven, wie dem N. ischiadicus, brachialis und diversen Schleimhautnerven etc. (von Bezold 1863). Reizung derselben bedingt deshalb zwar nicht immer, aber doch in der Mehrzahl der Fälle Beschleunigung der Herzaction, gleichgültig ob dabei die N. vagi vorher durchschnitten wurde oder nicht (Asp); es scheint demnach der auf den Nerven (centraler Ischiadicus-Stumpf) applicirte Reiz dem Herzbeschleunigungscentrum zugeleitet zu werden. In anderen Fällen wirkt der sensible Reiz auch auf das Herzhemmungscentrum und erzeugt Verminderung der Herzfrequenz (so nach Hering und Kratschmer bei Reizung der Nasenschleimhaut mit ätzenden Dämpfen, Gasen und Tabaksrauch). — 2. Auch der Vagus soll solch centripetale Leitungsbahnen für die Herzaction enthalten, wenigstens erhielt von Bezold nach Reizung des centralen Vagusstumpfes Herzbeschleunigung, wenn beide N. vagi, Aubert und Roever dagegen Abnahme der Herzfrequenz, wenn nur der eine, der gereizte Vagus durchschnitten war. 3. Reizung des intakten Nerv. depressor (s. u.) ebenso wie des centralen Stumpfes des dissecirten Nerven veranlasst durch directen Uebergang der Irritation auf das Herzhemmungscentrum und den N. vagus (Ludwig und Cyon) Frequenzabnahme, der später Herzbeschleunigung folgt. — 4. Der Sympathicus scheint in seiner Halsportion keinen Einfluss auf die Herzfrequenz durch Uebertragung auf die Herzcentra zu äussern, dagegen ist ein solcher für den N. splanchnicus Sympathici erwiesen. Sowohl Reizung des centralen, wie des peripheren Stumpfes (Asp und Ludwig), sowie mechanische und electrische Reizung des Magens und Darms von Fröschen (Heinemann, Goltz) oder von Hunden und Katzen (S. Mayer und Pribram) veranlasst Verlangsamung der Herzaction; in beiden Fällen geht dieselbe mit nicht unbedeutender Blutdruckerhöhung Hand in Hand (Asp und Ludwig), sodass es schwer ist zu entscheiden, ob bei Reizung des centralen Stumpfes der directe Einfluss des genannten Nerven auf das Herzcentrum oder die mit der Irritation verbundene Blutdrucksteigerung die herzverlangsamende Wirkung äussert. — 5. Endlich reflectiren auch Muskelnerven, z. B. solche des N. ischiadicus ihre durch Reizung des centralen Stumpfes (also wohl der Muskelgefühlsnerven) bedingte Erregung auf das Herzbeschleunigungscentrum und führen auf diese Weise Beschleunigung der Herzpulsation herbei (Asp und Ludwig), und das unabhängig von etwaigem gleichzeitigem Steigen oder Sinken des Blutdruckes, aber abhängig von ununterbrochener Leitung durch das 1. Brust- und untere Halsganglion; nach Ausrottung dieser fällt in Folge dessen die Herzbeschleunigung hinweg.

Die Erregung der extrakardialen Nervencentra durch die Normalreize (Gase und Druck des Blutes). Die Erfolge künstlicher Reizung der extrakardialen Nervencentra und von deren Verbindungen mit dem Herzen wurden bereits in den obigen Besprechungen über die Bedeutung der extrakardialen Nervencentra und deren Leitungsbahnen erörtert; sie

dienten vorzugsweise zur Feststellung des nervösen Einflusses auf das Herz. Hier scheint es indessen noch erforderlich, die Wirkungen der als Normalreize auf das Herz wirkenden Blutgas- und Druckverhältnisse zu studiren. Die Beobachtungen und Versuche hierüber ergeben, dass das Herz auch durch directe Reizung der extrakardialen Herzcentra irritirt werden kann.

1. Zunahme der CO_2-Menge im Blute und Abnahme des O-Quantums veranlassen ein Sinken der Herzfrequenz durch Reizung des Herzhemmungscentrums; nach vorheriger Vagus-Discision kommt es deshalb in Wegfall (L. Traube 1862, Landois 1863). Es ist dabei gleichgiltig, ob die vermehrte Venosität des Blutes durch Athmungs-Unterbrechung oder als venöse Hyperaemie durch Unterbindung der vom Kopfe herabsteigenden Venen erzeugt wird. Ersterer Umstand lässt die Pulsfrequenz auch bei der Geburt, während deren durch die Wehenthätigkeit der Blutzufluss zur Placenta und damit auch die Oxydation des fötalen Blutes beeinträchtigt wird, zurückgehen (B. S. Schulze).

2. Die Blutdruckänderungen haben einen einander entgegengesetzten Effekt gegenüber der Herzfrequenz; Blutdruckzunahme bedingt Abnahme derselben, Blutdruckminderung dagegen Frequenzsteigerung (Bernstein 1867 u. v. A.). Es ist nach Bernstein, Knoll u. A. wahrscheinlich, dass dieser Einfluss unter Zuhülfenahme der Beschleunigungs- und Hemmungscentra oder -Bahnen gesetzt wird; nach Tschirjew kann man ihn vielleicht auch auf eine directe Reizung der intrakardialen Herzganglien zurückführen, da im Gegensatz zu den Erfahrungen der obgenannten Forscher nach seinen Untersuchungen auch noch nach Durchschneidung sämmtlicher extrakardialen Nervenbahnen diese Wirkungen des abgeänderten Blutdruckes fortbestehen sollen. Die Resultate der einschlägigen Versuche sind übrigens noch widersprechende. Es ist nach diesen Erfolgen anzunehmen, dass die frequenzmindernde, selbst vorübergehenden Herzstillstand erzeugende plötzliche Hirnanämie, hervorgebracht durch Unterbindung der Kopfgefässe, weniger durch die damit verbundene Druckabnahme, als die damit einhergehende CO_2-Anhäufung im Gehirne wirkt.

Man kann sich vorstellen, dass diese nach den übereinstimmenden Angaben der Autoren erfolgende Pulsverminderung bei Blutdrucksteigerung und Pulszunahme bei dem Sinken des Blutdruckes einen wichtigen regulatorischen Einfluss auf die Pulsfrequenz überhaupt zu äussern vermag, der gegebenen Falles zur Wiederherstellung der mittleren Druckgrösse führt. Man müsste sich dann den Zusammenhang der Dinge so denken, dass die Pulsfrequenz ihre mittlere Höhe nur solange bewahrt, als der Blutdruck die normalen Grenzen einhält. Da nun nach den obigen Auseinandersetzungen (s. pag. 263) der Blutdruck wesentlich mit das Resultat der Pulsfrequenz ist, so wird in der mit der Blutdruckzunahme Hand in Hand gehenden Pulsverlangsamung die Ursache zum Umschlag

d. i. zur Rückkehr zu der geringeren Druckgrösse gesetzt und umgekehrt durch die mit Druckabnahme verbundene Frequenzsteigerung die Ursache zu einem Wiederansteigen des Blutdruckes. Auf diesem Wege gelangte man unter gleichzeitiger Benutzung der Erfahrungen über die Herzinnervation vermittelst der intrakardialen Herzcentren vielleicht zu einer allerdings noch nicht durchaus befriedigenden Theorie der Herzinnervation. Die Regelmässigkeit in der Aufeinanderfolge der einzelnen Phasen einer Herzaktion ist eine Funktion der Herzganglien, die Häufigkeit der Wiederholung der Pulsationen wird jedoch von dem cerebrospinalen Centralnervensystem beherrscht, dessen in den Nn. vagi und sympathici gegebene Herzfasern die Hemmungs- und Beschleunigungsreize dem Herzen zutragen. Als Reiz selbst wirkt unter gewöhnlichen Umständen in erster Linie der Blutdruck, dessen Steigerung zur Frequenzabnahme und dadurch event. auch zum Sinken des Blutdruckes führt und umgekehrt. Damit ist indessen eine Erklärung für die ununterbrochene Wiederkehr der Herzactionen noch nicht gegeben, denn sie erfolgt auch am blutleeren, herausgeschnittenen Herzen, dessen Thätigkeit ja weder von der sich nach der Entleerung vollziehenden Wiederanfüllung der Herzräume mit Blut wieder angefacht, noch von dem die Frequenz beherrschenden Centralnervensystem beeinflusst werden kann; den Impuls zu erneuter Thätigkeit geben also Wiedereintritt des Blutes oder cerebrale Reizungen nicht allein, dazu veranlassen augenscheinlich noch andere unbekannte intrakardiale Momente.

II. Die Innervation der Blutgefässe.

Die tägliche Erfahrung lehrt, dass ohne gleichzeitige Aenderung in dem Gange der Herzthätigkeit die Gefässe einzelner Gebiete sich auf äussere und innere Reize hin erweitern und nachfolgend wieder verengern können; die Schamröte des Gesichtes, die Errection des Penis im Anschluss an gewisse psychische Erregungen ohne etwaige synchrone Zunahme der Herzfrequenz oder der Energie der Herzkontractionen bieten die besten Belege dafür. Diese Erscheinungen bekunden indessen nicht blos das Vorhandensein eines von der Herzaction unabhängigen Erweiterungs- und Verengerungsvermögens der Gefässe, sondern sie zeigen des Weiteren auch, dass der Wechsel in der Blutfüllung einzelner Theile unter der Herrschaft des Nervensystems steht. Man darf schon auf Grund dieser Beobachtungen vermuthen, dass 1. gewisse von dem Grosshirne, dem Sitze der psychischen Vorgänge, ausgehende Reize auf die Peripherie projicirt und dabei 2. in Bahnen eingelenkt werden, welche auf die Gefässe überleiten, um Erweiterung resp. Verengerung der Lichtung zu veranlassen.

Nächstdem haben uns die Beobachtung und das physiologische Experiment die Thatsache kennen gelehrt, dass gewisse in der Körperperipherie wirkende Reize eine Zu- bezw. Abnahme des Gefässkalibers der Reizapplikationsstelle oder einer entfernteren Körperregion bedingen, die nur auf dem Wege des Reflexes zu Stande kommen kann, da im

letzteren Falle directe Verbindungen zwischen der Reizstelle und der Lokalität der Reaction vielleicht gar nicht existiren. Man darf deshalb auf das Vorhandensein eines Centrums schliessen, welches mit den verschiedensten Theilen des Körpers, ja mit dessen ganzer Peripherie in leitender und zwar centrifugal- und centripetal-leitender Verbindung steht und seine Erregungen auf dessen Gefässe ausstrahlen lässt. Man hat das Centrum ein Gefäss- oder Vasomotorencentrum und die davon zu den Gefässen ziehenden Nerven die Vasomotoren genannt.

Anatomische Data. Wie das Herz, so sind auch die Wandungen sämmtlicher Gefässe mit contractilen Elementen ausgestattet. In den Arterien und Venen werden dieselben von den in allen Schichten jener, vorzugsweise aber in der Media eingewebten Muskelzellen (Henle 1840) gebildet, welche durch ihren Verlauf in der Circulär- und Longitudinalrichtung den Gefässen Verengerungs- und Verkürzungsfähigkeit verleihen. In den Capillaren sind es die deren Wand allein componirenden Endothelzellen, welchen Contractilität zukommt (s. histologische Abtheilung pag. 453), sodass auch sie Kaliberveränderungen einzugehen vermögen. Die durch die Muskelaction bewirkte Volumensabnahme der Blutgefässe findet ihren Ausgleich nach erfolgter Erschlaffung der Muskelzellen in der Elasticität der Gefässwände, welche sie alsbald ihre natürliche Weite wieder einnehmen lässt. Die so reichlich in diesen angebrachten elastischen Elemente bilden, unterstützt durch die vom Blute selbst gesetzte Dehnkraft, die Antagonisten der einengenden Muskelkraft.

Nächst den contractilen Elementen demonstrirt die anatomische Forschung auch Nerven, welche sich an den Gefässen entlang ziehen und zu jenen in Beziehung treten (Lucae 1809, H. Frey 1874). Diese Gefässnerven nehmen vorzugsweise aus dem N. sympathicus und seinen Geflechten ihren Ursprung, zum Theil aber entstammen sie auch dem cerebrospinalen Nervensystem direkt. Es ist nach den physiologischen Versuchsergebnissen für diese wie für jene zweifellos geworden, dass sie sämmtlich mit dem cerebrospinalen Centralnervensystem in Verbindung stehen und von dort aus ihre Erregungen empfangen. Für ihre centrale Endigungsweise fehlen die anatomischen Data so gut wie gänzlich; ihr peripheres Ende erreichen sie vielleicht unter Bildung von Plexus in den verschiedenen Schichten der Gefässwand (Arnold 1871, Hénocque 1870) in oder an deren Muskulatur resp. an dem contractilen Protoplasma der Capillarröhren; Ganglienzellen sahen Beale und Lehmann (1864) in der Wand einzelner Gefässe, so Lehmann in der Hohlvene des Frosches.

a) Die **Gefässcentra**. Die physiologischen Untersuchungen der letzten 3—4 Decennien, insbesondere die Forschungen des Leipziger Physiologen Ludwig und seiner Schule haben nun als Resultat folgende Grundgesetze für die Gefäss-Innervation ergeben: Es finden sich in dem cerebrospinalen Centralnervensystem, vorzugsweise in der Medulla oblongata gewisse Gefäss- oder vasomotorische Centren, deren Erregungen durch scheinbar nach allen Körpergegenden ausstrahlende Leitungen auf die Gefässe übertragen werden können Dieselben veranlassen als vasoconstrictorische eine Verengerung der Blutgefässe, welche bei Ausbreitung der Wirkung auf weitere Stromgebiete durch Vermehrung der Hindernisse zur Blutdrucksteigerung (Pression) führt; die von ihnen ausgehenden Leitungsbahnen heissen deshalb vasoconstrictorische oder pressorische auch vaso-

hypertonisirende Nerven. Als vasodilatatorische Centren rufen sie, selbst in Erregungszustand versetzt, eine Erweiterung der Gefässe mit consekutiver Blutdruckabnahme (Depression) hervor; ihre Ausläufer sind aus diesem Grunde vasodilatatorische oder depressorische (gefässerschlaffende, vasohypotonisirende, Gefässhemmungs-) Nerven genannt worden. Die vasoconsrictorischen Centren befinden sich augenscheinlich fortdauernd im Zustande einer gewissen mittleren Erregung, einem sogenannten Tonus; dadurch erhalten sie auch die Gefässe dauernd in einem mittleren Contractionsgrade, einem Gefässtonus. Dieser Gefässtonus ist scheinbar das Resultat des Zusammenwirkens directer und indirecter Reize (Blutgasgehalt, intrakardialer Blutdruck etc.) auf das intramedulläre Gefässcentrum. Zahlreiche Impulse ändern ihn jedoch im positiven oder negativen Sinne ab und wirken dadurch blutdrucksteigernd, pressorisch, bezw. blutdruckmindernd, depressorisch, ein.

α) Die cerebrospinalen Gefässscentra oder Vasomotorencentra und die peripheren Gefässcentra. Man hat allen Grund zu der Annahme, dass sowohl in der Medulla oblongata, dem Innervationsorgan so zahlreicher reflectorisch erregbarer Vegetativvorgänge, wie in anderen Theilen des cerebrospinalen Centralnervensystems, dem Grosshirn und dem Rückenmark, Vasomotorencentren angebracht sind. Auch an den Gefässen selbst werden solche vermuthet. Als dominirendes Centrum ist von Ludwig und Thiry, Dittmar und Owsjannikow (1864—1873) für jede Körperhälfte ein grosszelliger Nervenkern in der Medulla oblongata gefunden worden, welcher beim Kaninchen 3—4 *mm* lang und 1,5 *mm* breit ist und jederseits 2,5 *mm* von der Mittellinie des verlängerten Markes in dem caudalen Theile der nasalen Olive seine Lage hat; er ist in der Bahn der Seitenstränge eingeschoben. Reizung dieses Centrums bedingt ausgebreitete Gefässverengerung mit starker Füllung und Anschwellung der Venen und des Herzens. Lähmung desselben veranlasst allgemeine Dilatation der Arterien und Sinken des Blutdruckes, damit ist auch der Erfolg der Ausschaltung seines Einflusses gekennzeichnet.

Schiff, der auf Henle's (1846) Anregung im Jahre 1855 zuerst sich die Feststellung des Vorhandenseins dieser centralen Herrschaft über die Gefässe angelegen sein liess, demonstrirte zunächst die gefässerweiternde und temperatursteigernde Wirkung der Durchschneidung des Halsmarkes in der Nähe des verlängerten Markes für die meisten Theile des Körpers, selbst für solche des Kopfes. Ludwig und seine Schüler (Thiry, Dittmar, Owsjannikow 1864—1873) ergänzten diese Untersuchungen durch genaue Abgrenzung des vasomotorischen Bezirkes der Medulla oblongata und durch die Prüfung des Einflusses anderer Abschnitte des Centralnervensystems auf die Gefässweite und den Blutdruck. Zahlreiche Forscher wie Heidenhain, Nawalichin, Latschenberger u. Deahna, S. Mayer, Brown-Séquard, Goltz, Le Gallois, Schlesinger und in neuester Zeit Eulenburg, Landois, Kowalewsky, Stricker und zahlreiche Andere haben in den letzten 3 Decennien theils Bestätigungen der Fundamentalergebnisse der Ludwig'schen Schule erbracht, theils die Bedeutung des Grosshirns und des Rückenmarks für die Gefässinner-

vation festgestellt. Wir entnehmen diesen Versuchen als Endergebniss noch folgende Sätze.

β) Durch Reizung einer bestimmten Stelle in der Nähe des Sulcus cruciatus der Grosshirnrinde vom Hunde erzielt man Abkühlung, durch deren Zerstörung Temperaturzunahme der gegenüberliegenden Extremitäten (Eulenburg und Landois). Auch elektrische Reize der psychomotorischen Partien der Grosshirnrinde und der Corpora striata haben nach längerer Latengperiode oder selbst vorausgehender Blutdruckabnahme, Ansteigen des Blutdruckes zur Folge (Stricker). Das weist auf das Vorhandensein von Gefässcentren im Grosshirnrindengrau (Stricker), welche ihre Ausläufer durch die Grosshirnschenkel (Landois und Budge) zum verlängerten Marke ziehen und dort mit dem Hauptcentrum in Verbindung treten lassen. Das Centrum hat gegenüber demjenigen innerhalb des verlängerten Markes eine untergeordnete Bedeutung, Grosshirnabtragung veranlasst deshalb auch keine Alteration in der Wirksamkeit des genannten Hauptcentrums (Heidenhain u. A.).

γ) Endlich bestehen auch in dem Rückenmarksgrau Vasomotorencentra, welche indess dem Hauptcentrum in der Medulla oblongata subordinirt sein dürften. Von ihnen scheint der Wiedereintritt des arteriellen Gefässtonus einige Tage nach vollkommener Rückenmarksdurchschneidung in den von dem abgetrennten Rückenmarksstücke innervirten Theilen abhängig zu sein (Goltz u. A.); dieselben sind sowohl durch Gifte (Strychnin) direct zur Thätigkeit zu bringen (Schlesinger), wie sie auch reflectorisch auf die Reizung sensibler Nerven reagiren (so erfolgt nach Reizung des centralen Stumpfes des rechten N. ischiadicus vom Hunde, dessen Rückenmark discidirt ist, zunächst Sinken dann Steigen der Temperatur in dem linken Fusse, Goltz). Nach Smirnow ist das Rückenmark ein System reihenweis auf einander folgender gefässverengernder und gefässerweiternder Centren: in den drei ersten Brustsegmenten liegen dilatatorische, in den drei folgenden konstrictorische Centren.

δ) Naturgemäss wird durch Rückenmarkszertrümmerung auch ihr Einfluss auf die Gefässe aufgehoben; diese erweitern sich deshalb nach der genannten Operation. Da nun aber auch hiernach und selbst an Theilen, deren Nerven geradezu ausgeschnitten sind, nach vorheriger Gefässparalyse sich der mittlere Gefässtonus wiederherstellte, so ist man auch berechtigt, periphere Gefässcentra zu supponiren, welche ihren Sitz in den Ganglienzellen der Gefässe selbst haben. Dieselben erfreuen sich scheinbar einer gewissen Automatie, vermöge deren sie lokale periodische Kaliberschwankungen (C. Ludwig und Mosso) bedingen, oder sie bewerkstelligen das auf von aussen oder innen wirkende Reize hin, unter denen grössere Venosität des Blutes (Ludwig) und Temperatur-Abnahme (Lewaschew) constrictorisch, grösserer O-Gehalt und Wärme dilatatorisch wirken.

ε) Neuestens hat Roschansky auch in den Ganglien des Brustgrenzstranges des N. sympathicus bei Katzen reflectorisch er-

regbare Gefässcentra kennen gelehrt. Sie sind durch etwaige, den N. splanchnicus major treffende Reize irritabel und erzeugen dann Blutdruckzunahme; als centrifugale Bahnen dienen ihnen wahrscheinlich die aus dem Brusttheile des Grenzstranges in die Bauchhöhle sich begebenden Vasomotoren.

b) **Die peripheren Leitungsbahnen der vasomotorischen Centra, die vasomotorischen Nerven.**

Die ersten Beobachtungen über das Vorhandensein peripherer Gefässnerven stammen scheinbar von Dupuy 1816, welcher nach Vagus- (? Vago-Sympathicus-) Durchschneidung bei Pferden und einem Esel, Erhöhung der Temperatur am Kopfe bemerkte; danach haben eine Anzahl französischer und deutscher Forscher (Fodéra, Magendie, Mayer, Valentin) im 3. und 4. Jahrzehnt unseres Jahrhunderts Gefässnerven in diversen Nervenstämmen, so den Kopf- und Halsnerven, experimentell nachgewiesen. In dem 5. und 6. Decennium übernahmen Schiff, Brown-Séquard, Claude Bernard, Vulpian und zahlreiche Andere die Aufgabe des Studiums der Innervation der Kopfgefässe durch Prüfung des Einflusses der Durchschneidung und nachfolgender Reizung der Stümpfe des N. trigeminus, N. vagosympathicus resp. sympathicus am Halse. So fand Claude Bernard 1851 zuerst die Erweiterung der Blutgefässe des Ohres und Temperaturerhöhung am Kopfe nach Durchschneidung des Halssympathicus, während Brown-Séquard 1852 als erster die Verengerung der Blutgefässe des Ohres nach Reizung des Kopfendes des N. sympathicus studirte. 1858 endlich wurde wieder von Claude Bernard die gefässerweiternde Wirkung des Submaxillardrüsen-Astes vom N. lingualis Trigemini festgestellt und damit von ihm die Scheidung der Gefässnerven in Nervi vasodilatatores und Nervi vasoconstrictores geschaffen. Die systematische Durchprüfung der übrigen Nerven des Körpers auf ihrem Gehalt an Vasomotoren fiel vorzugsweise dem 7. und 8. Decennium unseres Jahrhunderts zu und gehört somit der neuesten Epoche der Experimentalphysiologie an. C. Ludwig und seine zahlreichen Schüler (E. Cyon, Asp, Lovén etc.), Eckhard, Heidenhain, S. Mayer, v. Basch, Goltz u. A. haben sich in der vorliegenden Frage ein besonderes Verdienst erworben.

α) Die **vasoconstrictorischen Nerven**, welche sich insgesammt von ihrem Centrum aus in einem Zustande dauernder Erregung befinden und dadurch die Arterien dauernd in mittlerem Contractionszustande erhalten, scheinen von dem Gefässcentrum in der Medulla oblongata ihren Ursprung zu nehmen, von da werden sie allem Anscheine nach nur in sehr geringer Zahl direct den Gehirnnerven (N. trigeminus, vagus und hypoglossus) übermittelt, die weitaus grössere Anzahl derselben begiebt sich in der Bahn der Seitenstränge durch das Halsmark zum Brust- und Lendenmarke. Innerhalb des Rückenmarkes dürften sie sich mit den spinalen Vasomotorencentren (s. o.) in Verbindung setzen, um dann entweder selbst das Rückenmark zu verlassen, oder, was das Wahrscheinlichere ist, aus den bezüglichen Ganglienzellengruppen je eine grössere Zahl von Nervenfasern hervorgehen zu lassen, welche als centrifugalleitende durch die ventralen Nervenwurzeln in die Rückenmarksnerven eintreten. Durch diese werden sie dann theilweis ihren Ausbreitungsgebieten direct zugeführt, der grössere Theil aber scheint sich bald von jenen wieder zu trennen, um auf dem Wege der Rami communicantes dem Sympathicus zuzueilen.

Durch ihn werden sie schliesslich direct oder indirect d. h. mit oder ohne Passirung der sympathischen Ganglien oder anderer Nerven den zugehörigen Gefässen zugesandt. Die Durchschneidung der Vasoconstrictoren veranlasst übereinstimmend sofortige und zuweilen dauernde Gefässerweiterung, Temperaturzunahme der betreffenden Theile und beschleunigtes Strömen eines weniger desoxydirten Blutes; Reizung des peripheren Nervenstumpfes dagegen lässt die zugehörigen Gefässe sich entschieden einengen und bedingt dadurch lokale oder allgemeine Drucksteigerung.

Verlauf der Vasoconstrictoren im Einzelnen.

1. Die Vasoconstrictoren des Kopfes betreten zum Theil die Bahn des N. trigeminus, durch welche sie den Augengefässen (Valentin 1839, v. Graefe) der Nasenschleimhaut und dem Zahnfleisch (Magendie, Schiff 1853) zugeführt werden. Die Zunge erhält ihre gefässverengenden Nerven durch den Hypoglossus (Vulpian 1873). Die übrigen Theile des Kopfes werden von dem N. sympathicus aus mit Vasoconstrictoren versorgt; dieselben benutzen, nachdem sie durch die Rr. communicantes des Halsmarkes (N. vertebralis) dem ersten Brust- und unteren Halsganglien zugeführt worden sind, den Stamm des Halssympathicus, um in diesem kopfwärts aufzusteigen; der Nerv vertheilt sie dann unter Anderen auch an die Ohren, welchen bei Kaninchen und Mehrschweinchen indess auch der N. auricularis cervicalis gefässverengende Fasern zusendet (Schiff, Lovén), ferner an die Submaxillardrüse (Bernard) und Parotis (Loeb, Heidenhain). Durchschneidung des Halssympathicus unterhalb des Ggl. cervicale supremum veranlasst deshalb neben den übrigen Erscheinungen stärkeres Ausfliessen eines hellrothen Blutes aus den Drüsenvenen. Auch der N. vagus soll dem Kopfe vasomotorische Nerven zuführen; wie Dupuy und Mayer, so fand auch Colin nach einseitiger Vagotomie beim Pferde Temperaturzunahme in der gleichseitigen, oberhalb der Schnittstelle gelegenen Kopf- und Halshälfte. Dem gleichen Nerven schreibt man auch durch absteigende Nervenfasern einen vasoconstrictorischen Einfluss auf Magen und Lunge zu, nach dessen Wegfall durch beiderseitige Vagotomie eine Veränderung des Blutdruckes (Zunahme nach Aubert u. Roever, Latschenberger u. Deahna, zunächst Steigen, dann Blutdruckabnahme nach Traube, Moleschott) und Blutgefässerweiterung in Magenschleimhaut und Lunge erfolgt.

2. Die Gefässe der Bauchhöhle stehen unter dem überwiegenden Einflusse der Nn. splanchnici; die sehr dehnungsfähigen grossen Arterien des Abdomen vermögen in dilatirtem Zustande eine sehr bedeutende Menge Blutes aufzunehmen, nach der Durchschneidung ca. 2 mal soviel als in der Ruhe und 5 mal soviel als nach starker Reizung und dadurch erzielter Gefässcontraction (v. Basch). Durch die Reizung des peripheren Nervenstumpfes wird deshalb auch der Gesammtblutdruck im arteriellen Systeme beträchtlich erhöht.

3. Für die Extremitäten enthalten die zugehörigen Geflechte die Vasoconstrictoren. Für die Brustgliedmaasse sollen sie den mittleren Brustnerven entstammen, von da durch den Grenzstrang zu dem ersten Brustanglion gelangen und mittelst dessen Verbindungen mit dem Plexus axillaris in diesen eintreten (Schiff, Cyon). Durchschneidung der Axelnerven erzeugt bei Hunden starke Injection der Interdigitalmembran und Erhöhung der Wärme des Unterarmes und der Pfote (Schiff 1855). — Die Beckengliedmaase werden vasomotorisch von dem Plexus ischiadicus aus den Lumbal- und Sacralnerven versorgt. Durchneidung der daraus hervorgehenden Nerven veranlasst auch hier zunächst in der Regel Temperaturzunahme und Gefässdilatation; da jedoch mit den Gefässnerven wegen der Einfügung

in den gleichen Nervenstamm immer auch die Muskelnerven durchschnitten und somit die willkürlichen Bewegungen aufgehoben werden, so stellt sich nachfolgend oft sehr bald Abkühlung des gelähmten Theiles ein (Goltz). — Aus dem Plexus sacralis bezieht auch der Penis durch den N. pudendus seine gefässverengenden Zweige (Lovén). —

Alle die Gefässnerven, welche zu den Muskeln und der Haut laufen, sind mit den entsprechenden Muskel- und Empfindungsnerven gemischt; das ist der Grund weshalb sich die Wirkung der Durchschneidungs- und Reizungsversuche immer fast auch auf die motorischen und sensiblen Nerven überträgt, das Bild oft trübend, welches bei isolirter Durchtrennung erhalten werden würde.

β) **Die vasodilatatorischen oder depressorischen Nerven** scheinen im Allgemeinen die treuen Begleiter der Vasoconstrictoren und als solche treten sie nach Passirung der Leitungsbahnen des Centralnervensystems wohl auch in die gleichen peripheren Nervenstämme ein, wie jene. Das ist der Grund, weshalb auch ihre Wirkungen selten isolirt studirt werden können und doch bieten einige Organe Gelegenheit dazu. Bernard sah 1858 zuerst ein Ausfliessen hellrothen Blutes aus der Submaxillardrüse, wenn er den N. lingualis Trigemini reizte und Bidder und Hildebrand stellten danach die Menge des unter Reizung desselben aus der Drüsenvene ausfliessenden Blutes auf das 3—4fache derjenigen fest, welche während der Ruhe erhalten wird; der Druck weiter, welcher in der Ruhe 15—20 *mm* in der Drüse betrug, wurde durch die Nervenreizung auf 30—37 *mm* Hg gesteigert. Das konnte nur die Folge einer Blutgefässerweiterung sein, wodurch das Blut ungehinderter und schneller durch die kleineren Arterien und Capillaren hindurchzufliessen vermochte und so weniger an O und Druckkraft einbüsste. 1867 gelang es des Weiteren Eckhard in den N. erigentes penis exquisite Gefässerweiterer aufzufinden. Diese vom Plexus ischiadicus zum Plex. hypogastricus hinziehenden Nerven erzeugen, wenn ihr peripherer Stumpf electrisch gereizt wird, durch Erweiterung der arteriellen Zuflussbahnen eine stärkere Füllung des Corpus cavernosum urethrae und des Corp. cavernos. penis mit ihren Folgen, stärkerem intravenösem Drucke und hellerer Blutfarbe daselbst. Für den im Uebrigen gemeinschaftlichen Verlauf der Vasoconstrictoren und Vasodilatatoren sprechen u. A. die Versuche von Dastre und Morat an Pferden und Eseln (1878); ohne dadurch selbst auf die Existenz gefässerweiternder Fasern in den fraglichen Nerven hingeleitet worden zu sein, erzielten diese beiden Forscher sowohl bei Reizung des kopfwärts laufenden Stumpfes des Halssympathicus, wie bei solcher des peripheren Stumpfes der seitlichen Zehennerven eine stärkere Erweiterung der zugehörigen Gefässe, als solche durch die einfache Durchschneidung dieser Nerven, also durch die Lahmlegung von deren Constrictoren vordem hervorgerufen worden war; diese Erweiterung war allerdings nicht der primäre, sondern erst der secundäre Effect der angewendeten Reizung; sie trat erst ein, nachdem die durch die gleichzeitige, aber schneller ablaufende Erregung der Vasoconstrictoren bedingte Einengung des Gefässkalibers ihren Abschluss gefunden hatte.

Verlauf der Vasodilatatoren im Einzelnen. Das Vorhandensein von Vasodilatatoren konnte bisher nur in folgenden Theilen resp. Nervenstämmen festgestellt werden:

Der N. trigeminus führt in seinem Ram. lingualis gefässerweiternde Fasern, welche der Chorda tympani entstammen (Vulpian 1875, Prévost). Dieselben werden von ihm in der Zunge (als Antagonisten der gefässverengenden Hypoglossus Fasern, Vulpian) und der Submaxillardrüse (Bernard) vertheilt; die vasodilatatorischen Fasern der letzteren, die Antagonisten der vasoconsrictorischen Sympathicusfasern der Drüse, sind mit deren Secretionsfasern nicht identisch, denn Atropin lähmt die letzteren und sistirt dadurch die Secretion, ändert aber die Möglichkeit einer Gefässerweiterung auf nachfolgende Nervenreizung hin nicht ab (Keuchel, Heidenhain); umgekehrt paralysirt das Physostigmin die Gefässnerven, nicht aber die Secretionsfasern. Auch Lippen, Wange, Zahnfleisch und Nasenhöhle werden vom 5. Hirnnerven mit Gefässerweiterern versorgt (Vulpian). Die Ohr-

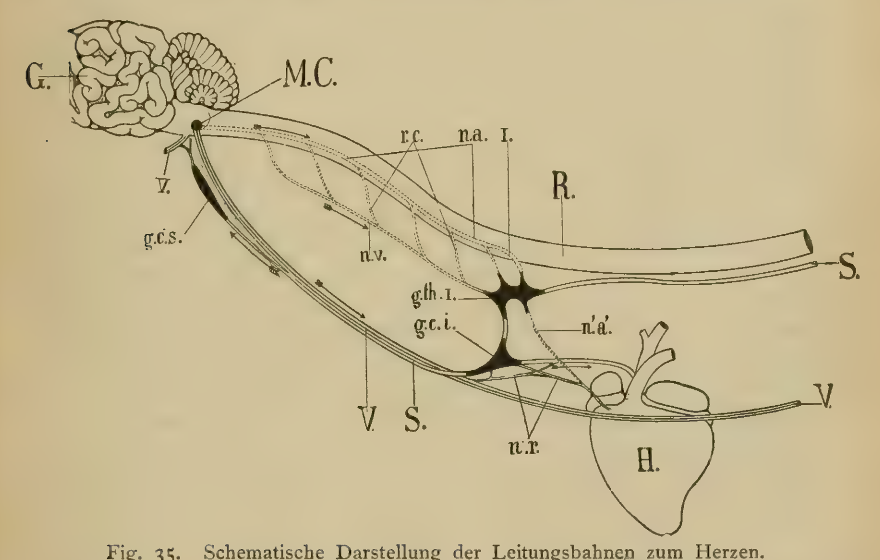


Fig. 35. Schematische Darstellung der Leitungsbahnen zum Herzen.
G. Gehirn, *M.C.* intramedulläres Herzcentrum, *R* Rückenmark, *H* Herz, *V* N. trigeminus, *V.* N. vagus, der daran gegen das Herz hinweisende Pfeil deutet den Verlauf der herzhemmenden Nerven *(n.r.)* an, *S.* N. sympathicus, der daran gegen das Gehirn aufsteigende Pfeil deutet den Verlauf der hauptsächlichsten Kopfgefässnerven an, welche vom *g.c.s.* Gangl. cervicale supremum zum V. Gehirnnerven übertreten, *g.c.i.* Gangl. cervicale infimum, *g.th.I.* Gangl. thoracicum primum, *r.c.* die durch den N. vertebralis (*n.v.*) gesammelten Rami communicantes des Halsmarkes für das 1. Brustganglion, *I* dessen aus dem I. Brustnerven stammender Ram. communicans, *n.a.* die im Halsmark verlaufenden beschleunigenden Herznerven, *n'.a'.* der aus dem I. Brustganglion an das Herz übertretende N. accelerans cor, der daran entlang laufende Pfeil weist auf die centrifugale Leitung dieser Nerven.

speicheldrüse soll ihre gefässerweiternden Fasern von dem N. tympanicus glossopharyngei empfangen (Heidenhain). Für die Ohren sind in dem N sympathicus gefässerweiternde Nerven von Schiff festgestellt worden; sie scheinen ihm wie die gefässverengenden Nerven im Ggl. thoracicum primum und Ggl. cervicale infimum zugeführt zu werden. Die Regio buccolabialis des Hundes erhält ihre Gefäss-

erweiterer von dem N. sympathicus aus dem 1.—3. Dorsalnerven, der Plexus caroticus und intercarotideus vermittelt zunächst ihre Ueberleitung von dem Ggl. cervicale supremum in den N. trigeminus, welcher sie in jene Gegend führt (Dastre und Morat). Für die Gefässe der Brust- und Hinterleibsorgane scheinen besondere Dilatatoren der Blutgefässe nicht zu existiren; den Nieren dürften solche vielleicht vom N. vagus zugesandt werden, da nach Cl. Bernard Reizung desselben an der Kardia die Harnsecretion unter Röthung des Nierenvenenblutes vermehrt. Der dilatirenden Fasern in den Nn. erigentes penis für die Schwellkörper von Harnröhre und Ruthe wurde oben gedacht, ebenso wie auch das Vorhandensein erweiternder Nerven in dem N. ischiadicus für die Hinterextremität in obigen Bemerkungen angedeutet wurde; die letzteren stammen aus dem Bauchtheil des Sympathicus. Die Brustportion dieses Nerven soll gleiche Fasern dem Plexus axillaris für die Brustgliedmaasse zusenden. Zu den Muskeln nehmen die bezüglichen Vasodilatatoren mit den Vasoconstrictoren und motorischen Nerven selbst gemeinsam ihren Weg; an Zahl scheinen sie die vasoconstrictorischen Nerven, mit welchen sie im gleichen Stamme vereint sind, zu übertreffen (Gaskell 1877); der Contractionsreiz dürfte auch für sie einen Reiz abgeben, weshalb die Gefässe im thätigen Muskel stets erweitert sind (Ludwig und Szelkow).

Ueber den Wirkungs-Mechanismus der erweiternden Gefässnerven gehen die Anschauungen auseinander. Manche Autoren sind geneigt, in den Gefässwänden einen direkt erweiternden Mechanismus anzunehmen, der durch die betreffenden Nerven in Thätigkeit versetzt werde; einen Nachweis desselben konnten sie bisher noch nicht erbringen, denn auch die von manchen dafür herangezogenen Longitudinalmuskelfasern können nur verkürzen, nicht erweitern. Dagegen ist es zweifellos, dass erschlaffte Muskelfasern einer passiven Erweiterung ein geringeres Hinderniss entgegenstellen, als contrahirte Fasern, und Allen voran hat Goltz denn auch die Erweiterung der Arterien unter der Wirkung der fraglichen Nerven auf eine Erschlaffung der unter gewöhnlichen Verhältnissen contrahirten Muskelzellen und die dadurch ermöglichte stärkere Füllung der Arterien zurückgeführt.

c) **Die auf die Gefässcentra und Gefässnerven wirkenden Reize.** Die Gefässcentren und damit auch die Gefässnerven sind ihrer Natur nach irritabel; auf sie einwirkende Reize werden also durch irgend welche Vorgänge im Gefässsystem beantwortet, die sich auf die jeweilige Weite der Gefässe beziehen lassen. Diese Reize sind ihrer Wirkungsweise und ihrem Angriffspunkte nach naturgemäss verschieden. Man unterscheidet nach dem oben schon angedeuteten Erfolge pressorische, also gefässverengende, und depressorische, also gefässerweiternde; dem Angriffspunkte ihrer Wirkung nach unterscheidet man sie in directe und indirecte oder reflectorische.

α) Directe Erregungen des dominirenden Gefässcentrums in der Medulla oblongata setzt der von der Norm abweichende Gasgehalt des Blutes. O-Mangel und CO_2-Ueberhäufung im Blute bilden jedenfalls einen pressorischen Reiz (Ludwig und Einbrodt 1860, Thiry 1864) und man darf vermuthen, dass der im Blute ständig wechselnde Gasgehalt nicht nur die Traube-Hering'schen Blutdruckschwankungen (s. pag. 259 u. 288), sondern auch den tonischen Erregungszustand des Gefässnervencentrums erzeugt.

Grosser O-Reichthum und CO_2-Mangel im Blute lässt die Athmung zum Still-

stand kommen und erzeugt die Apnoe d. i. Wegfall der Athmungsbewegungen; damit ist regelmässig bedeutendes Sinken des Blutdruckes verbunden. Erheblich gesteigerte Venosität des Blutes ruft dagegen allgemeine Contraction der Arterien und dadurch strotzende Füllung der Venen und des Herzens hervor. Die gewöhnlichen mit dem O-Verbrauch und der CO_2-Bildung Hand in Hand gehenden Veränderungen in der Blutgasmischung versetzen das Gefässcentrum in eine Art periodischer Thätigkeit, welche rhythmische Zusammenziehung und Erschlaffung der Körperarterien bedingt (Traube) und dadurch den Blutdruck schon im Laufe der Exspiration abnehmen und in der Inspiration ansteigen lässt. Plötzliche Anaemie der Medulla oblongata durch Unterbindung der zuführenden Gefässe hat den gleichen Erfolg wie die venöse Hyperämie, sie führt starke Gefässcontraction herbei, darauf beruht augenscheinlich die in der Agonie und postmortal sich einstellende Entleerung der Arterien und die Selbststillung ergiebiger Blutungen beim Eintritt der Ohnmacht durch Gehirnanämie.

Der tonische Erregungszustand des Gefässnervencentrums und der dadurch bedingte, unter Zuhülfenahme der Vasoconstrictoren vermittelte Arterientonus geht unzweifelhaft aus dem constanten Erfolge der Nervendurchschneidung und hoher Rückenmarkstrennung hervor; immer ziehen diese Operationen Erweiterung der zugehörigen Arterien nach sich, die eine allgemeine ist, sobald die Leitung vom Gefässnervencentrum gegen den Rumpf unterbrochen wurde. Daraus muss mit logischer Folgerichtigkeit in der Norm auf einen Zustand permanenter Einengung des Arterienlumens unter die natürliche Weite geschlossen werden.

Künstliche Reizmittel für das medulläre Gefässcentrum sind Gifte, wie Strychnin, Nicotin und Calabar, Coffein, Ammoniak-, Baryt- und Kaliumsalze etc., sie alle führen Gefässverengerung herbei; dagegen wirken die Anaesthetica, wie Aether, Chloroform, Aconitin etc. vom Centrum aus gefässerweiternd. Auch der electrische Strom in Form schnell sich wiederholender Inductionsstösse ist ein Gefässverengerer.

Directe Einflüsse auf das centrale und die spinalen Centren sind nicht mit Bestimmtheit eruirt worden. Zwar glaubt Landois das plötzliche Erblassen bei psychischen Erregungen (Schreck, Angst) auf eine directe Erregung des Grosshirncentrums durch den seelischen Vorgang zurückführen zu können, der Beweis dafür ist indess noch nicht erbracht; vielleicht strahlt der seelische Vorgang seine Impulse direct auf das medulläre Gefässcentrum aus.

Dagegen sollen die peripheren Gefässcentren directen Reizen zugänglich sein; CO_2-reiches, hochgradig venöses Blut scheint sie zur Thätigkeit anzuregen und dem Blutstrome durch Gefässcontraction Hindernisse entgegensetzen zu lassen (C. Ludwig); Temperaturwechsel erregt sie derart, dass auch nach Zerstörung der spinalen Gefässnerven Wärme Blutgefässerweiterung, Kälte Blutgefässverengerung (Lewaschew) erzeugt — ein wichtiges Hilfsmittel zur Regulirung der Eigenwärme des Körpers bei äusserem Temperaturwechsel.

Substanzen wie Amylnitrit erweitern durch directe Einwirkung die Kopfgefässe, arsenige Säure, Cotoin und Paracotoin und Chloral jene im Gebiete des Nn. splanchnici; Atropin dilatirt die Gefässe in weiterer Verbreitung. Mannigfache Metallsalze und die Gerbsäure wirken in loco vasoconstrictorisch.

β) Indirecte, reflectorische Erregungen der Gefässcentra und deren Bahnen. Die von der Erfahrung gelehrte Beeinflussung der Weite gewisser Gebiete des Gefässsystems durch periphere, auf

diese durch Nerven nicht direct übertragbare Reize, wie das Erblassen des Gesichtes bei schmerzhafter Erregung einer Hautpartie, wird experimentell durch zahlreiche Beobachtungen bestätigt, wonach die electrische Reizung des centralen Endes so manches durchschnittenen Nerven, durch fernliegende, also reflectorisch ausgelöste Gefässweitenveränderung beantwortet wird. Man hat danach das Recht anzunehmen, dass die gereizten centripetal leitenden Nerven ihre Erregung unter Vermittelung einer Uebergangsstation, eines reflectorischen Centralorganes, auf Gefässnerven übertragen. Die einen von ihnen leiten dabei zu den Vasoconstrictoren-, die anderen zu den Vasodilatatorencentren; dadurch veranlassen die ersteren Gefässverengerung, sie wirken somit in der Folge blutdruckerhöhend, pressorisch; die anderen dieser reflexauslösenden Nerven dagegen setzen durch Gefässerweiterung den Blutdruck herab, sie wirken also depressorisch.

Die ersten Beobachtungen dieser Art stammen von van der Becke Calenfels (1855), welcher durch Kneifen des Kaninchenohres nach kurz dauernder Gefässverengerung länger anhaltende Gefässdilatation am gleichen wie am gegenüberliegenden Ohre beobachtete, ein Erfolg für dessen Auslösung die centripetal leitende Bahn in dem N. auricularis cervicalis und die centrifugalleitende Bahn im Hals-Sympathicus zu liegen scheint.

Nach den mannigfachen Erfahrungen, welche seitens zahlreicher Experimentatoren gesammelt worden sind, finden sich die Bahnen der indirekt pressorisch und depressorisch wirkenden Nerven meist nicht getrennt, je in anderen Nerven der betreffenden Theile, sondern in der Regel im gemeinsamen Nervenstamme vor, das ist der Grund, weshalb oft nicht nur wechselnde Erfolge nach Reizung des gleichen Stammes erzielt worden sind, sondern weshalb auch graduell verschiedene Reize zu differentem Resultate geführt haben. So wirken in der Mehrzahl der Versuche Reizungen der centralen Stümpfe des durchschnittenen N. trigeminus, des Plex. brachialis, sacralis und N. ischiadicus pressorisch ein, wenn sie nur über kurze Zeit ausgeführt werden, dagegen vielleicht durch Ermüdung depressorisch, wenn sie längere Zeit fortgesetzt werden (Latschenberger und Deahna); und weiter veranlassen schmerzhafte Reizungen gewisser Empfindungsnerven keine Erhöhung, sondern eher Sinken des Blutdruckes, während leise tactile Erregungen der gleichen Nerven durch einfaches Berühren oder Anblasen bedeutende Blutdrucksteigerung herbeiführen (Grützner und Heidenhain); leises Streichen der Eicheloberfläche z. B. erzielt bei Hunden Peniserektion, Schmerz-Erregung dagegen nicht. Und merkwürdig ist endlich auch die Thatsache, dass der Effect der reflectorischen Erregung der Gefässcentra ein verschiedener ist, je nachdem die Versuchsthiere unter der Wirkung des Curare oder des Chloral stehen; so ruft Reizung des centralen Stumpfes eines durchschnittenen Nerven z. B. des N. ischiadicus dann, wenn das Thier curarisirt ist, Zunahme des Blutdruckes hervor; ist das Thier aber chloralisirt, so wirkt das gleiche Experiment depressorisch. Man kann danach vermuthen, dass Curare, welches sich bei allen vasomotorischen Experimenten als ein sehr brauchbares Adjuvans zur Erzielung pressorischer Erfolge erwiesen hat, die Grosshirncentren entsprechend günstig beeinflusst (Knoll), während Chloral und ähnlich auch grössere Blutverluste jene Centren schwächen und erschöpfen, wodurch statt der Blutdrucksteigerung dessen Abfall erzielt wird.

Die gewöhnlichsten Reflexübertragungen auf die Vasomotoren werden augenscheinlich durch die sensiblen Nerven der äusseren Körperober-

fläche und des Körperinnern vermittelt. Fast alle sensiblen Nerven scheinen schliesslich auch zu den Vasomotorencentren überzuleiten. Näher erforscht sind in dieser Richtung die sensiblen Kopf- und Extremitätennerven, sowie der N. splanchnicus. Der ersteren wurde oben schon in ihrem Einfluss auf die Arterienweite gedacht, ihnen schliesst sich der N. splanchnicus als ein wesentlich pressorisch wirkender Nerv an; Reize, welche seinen centralen Stumpf treffen, veranlassen bedeutende Steigerung des Blutdruckes (Asp und Ludwig 1867), selbst dann, wenn beiderseitige Durchschneidung der Splanchnici vorgenommen wurde und so die Blutgefässe der Bauchhöhle aussergewöhnliche Mengen Blutes aufnehmen konnten; der N. splanchnicus muss danach noch ein grosses Gefässgebiet reflectorisch beherrschen können.

Der Hauptrepräsentant der auf reflectorischem Wege depressorisch

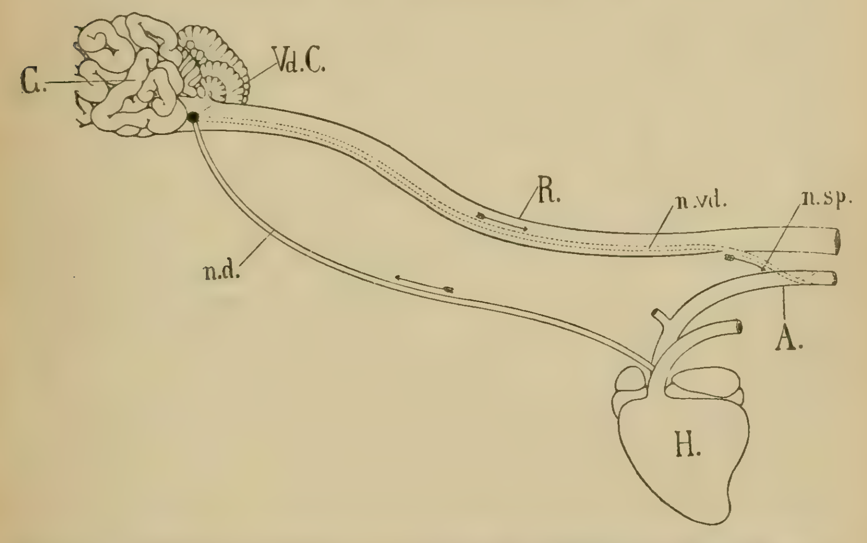


Fig. 36. Schematische Darstellung der reflectorischen Wirkung des Nervus depressor. *G.* Gehirn, *Vd.C.* vasodilatatorisches Nervencentrum, *R.* Rückenmark, *H.* Herz, *A.* Aorta, *n.d.* N. depressor, *n.vd.* Nervi vasodilatatores, *n.sp.* Nerv. splanchnicus; die Pfeile geben den Gang der Nervenleitung an.

wirkenden Nerven scheint der N. depressor des Vagus zu sein. Derselbe nimmt im Herzen, wohl unter der inneren Herzoberfläche (Purkinje'sche Fasern resp. Zellen?) seinen Ursprung, tritt beim Kaninchen, Katze und Pferde ganz nahe dem anderseitigen zwischen Art. pulmonalis und Aorta aus der Herzbasis hervor und begiebt sich an der Art. subclavia vorbei zum Gangl. cervicale infimum Sympathici, von welchem er häufig einen Faden erhält; von diesem steigt er dem N. sympathicus sich anschmiegend gegen das obere Halsdritttheil empor, verlässt da seinen Begleiter und senkt sich in den benachbarten N. vagus, theilweis auch in den N. laryngeus superior ein; dadurch

wird er zu einem Zweige des Vagus, als welchen man ihn regelmässig anatomisch beschreibt, zumal er beim Pferde nicht ganz selten sich schon im Brusteingange in den Vagusstamm einsenkt. Mit dem N. vagus tritt er zweifellos in das verlängerte Mark über, um sich nunmehr allem Anscheine nach mit dem Vasomotorencentrum in Verbindung zu setzen. Sein Leitungsvermögen ist der hier gegebenen Darstellung entsprechend ein centripetales, die ihn treffenden Reize und so auch die künstliche Reizung des centralen Stumpfes des durchschnittenen Nerven erzeugen durch Herabsetzung der Energie des Vasoconstrictorencentrums, vielleicht auch durch Erregung jenes der Vasodilatatoren Sinken des Blutdruckes durch Gefässerweiterung und Abnahme der Herzfrequenz (E. Cyon und Ludwig 1866). Es ist wahrscheinlich, dass der Nerv so zu einem wichtigen Regulator der Blutdruckhöhe wird; abnorm gesteigerter Blutdruck erregt seine Herzenden und giebt dadurch selbst den Impuls zur Gefässerweiterung und Frequenzabnahme des Herzens und damit zur Druckverminderung ab. Man kann sich denselben auf einen gewissen neutralen Druckgrad eingestellt denken, durch dessen Ueberschreitung er erregt wird und erregt bleibt, bis der Nullpunkt d. i. hier naturgemäss der im Herzen herrschende Mitteldruck seitens der Blutdruckhöhe wieder erreicht wird; und dessen Wiedereintritt wird gefördert werden durch die geringere Gegenspannung der mehr erweiterten Blutgefässe, der entsprechend auch das Herz jetzt nicht die gleichen Kraftanstrengungen zu vollführen hat, wie wenn es den vordem stärkeren Gegendruck der Blutsäule gegen seine Arterienklappen überwinden musste. — Depressorische Fasern sind nun auch im Vagusstamme selbst immer enthalten, besonders scheinen solche von den Lungen kopfwärts aufzusteigen, welche bei exspiratorischer Kompression Niedergang des Blutdruckes herbeiführen.

Reize. Sensible und zwar Tast- wie Schmerzempfindungen, Wärme- und Kältereize scheinen, abgesehen von dem noch hypothetischen Effect abgeänderter Druckgrösse, die gewöhnlich wirksamen Impulse zur Thätigkeit dieser centripetal leitenden Reflexüberträger zu sein. Die mechanischen Reize äussern dabei einen verschiedenen Einfluss, je nachdem sie die Hautoberfläche oder die freigelegte Muskulatur treffen. Auf erstere applicirt wirken sie pressorisch, auf letztere angewendet depressorisch ein (Kleen). Vielleicht kommt zu jenen Reizen noch das wechselnde Bedürfniss der Theile nach Blutversorgung. Dadurch wenigstens könnte man die interessante Beobachtung Schiff's (1854) erklären, wonach sich in gewissen durchsichtigen Organen, wie dem Ohre des Kaninchens, der Flughaut der Flatterthiere, der Schwimmhaut der Frösche rhythmische Bewegungen der Arterien, periodisch-regulatorische Gefässbewegungen zeigen, welche in beständiger Wiederkehr die betreffenden Arterien weiter oder enger erscheinen lassen; an den Ohrarterien sollen sie 2—8 Mal in der Minute sich wiederholen. Da sie auch nach Durchschneidung der Nerven noch gesehen wurden, so sind sie auch als

die Wirkungen localer Centren also als Erscheinungen aufgefasst worden, welche nicht vom centralen Nervensystem ausgehen (Huizinga).

d) **Die Consequenzen der Veränderungen des arteriellen Gefässkalibers.** Es bot sich in den bisherigen Kapiteln schon mehrfach Gelegenheit auf die grosse Bedeutung der Weite der Blutgefässe für die Erscheinungen der Blutbewegung und das davon abhängige grössere oder geringere Mass der Widerstände hinzuweisen, welche sich dem Strömen des Blutes auf seiner Bahn entgegenstellen. Die Veränderungen des Gefässkalibers bekunden sich nach drei Richtungen hin: 1. durch Abänderungen in dem Füllungsgrade und damit der Temperatur der betreffenden Theile, 2. durch Steigen oder Fallen des Blutdruckes, der Stromgrösse und Geschwindigkeit, und endlich 3. durch Abänderungen in der Herzthätigkeit.

α) Die grössere Weite der Blutgefässe eines Theiles bedingt grösseren Blutgehalt desselben, geringere Weite geringeren Blutgehalt. Abgesehen von der intensiveren arteriellen Injectionsröthung wird durch den grösseren Blutgehalt die Temperatur des betreffenden Theiles zunächst erhöht. Zerstörung des cerebralen Gefässnervencentrums z. B. lässt die Temperatur der anderseitigen Extremitäten um 1,5—7° C. zunehmen (Eulenburg und Landois); die betreffenden Gefässnerven treten also, das ist aus diesem Versuche gleichzeitig zu entnehmen, während ihres intracentralen Verlaufes unter gegenseitiger Kreuzung auf die andere Seite hinüber. Nachträglich kann sich in Folge der mit der Gefässnervenlähmung verbundenen Circulationsstörungen die Temperatur des betroffenen Theiles abkühlen, zumal wenn mit der Lähmung der Vasomotoren auch eine solche der Muskelnerven verbunden ist.

Bezieht sich die Gefässerweiterung durch Vasomotorenlähmung auf grössere Gebiete der äusseren Körperoberfläche, so erscheint diese zwar heiss, die Körperwärme selbst, d. h. die im Innern des Körpers messbare Temperatur aber geht zurück. Das sieht man nach Einathmung von 2—3 Tropfen Amylnitrit, wodurch die Hautgefässe stark erweitert werden, beim Menschen (Sassetzki und Manasseïn), das sieht man auch nach hoher Rückenmarksdurchtrennung beim Versuchsthiere. Gefässverengerung dagegen erzeugt das Gegentheil.

Damit wird der vasomotorische Apparat ein wichtiges Glied in der Summe der Vorrichtungen zur Regulirung der Körperwärme; Kälte vermindert direct oder reflectorisch durch Erregung der Vasoconstrictoren den Blutgehalt der Körperbedeckung und schränkt dadurch die Wärmeabgabe desselben ein; Wärme lässt sich die Hautgefässe stärker füllen und fördert so die Wärmeabgabe.

β) Für die Erscheinungen der Blutbewegung ist die Grösse der Widerstände im Gefässsystem ein wichtiger Factor. Das Blut ist als Flüssigkeit incompressibel, es lässt sich auf ein kleineres Volumen nicht reduciren, wenn seine Menge nicht abnimmt. Verengt sich also unter der Wirkung der Vasoconstrictoren die gesammte arterielle Blutbahn, so wird zunächst wegen des grösseren Gegendruckes der

Gefässe auf den Blutstrom der mittlere Blutdruck wachsen und das Blut mit um so grösserer Geschwindigkeit nach den Venen hin abzufliessen streben, es steigt also auch die Stromgeschwindigkeit. Umgekehrt setzt eine allgemeine Zunahme des Gefässkalibers die Bedingungen zum Rückgang des mittleren Blutdruckes und der Stromgeschwindigkeit.

Ist die Erweiterung von Blutgefässen keine allgemeine, aber doch noch entsprechend weitausgedehnte Erscheinung im Gefässsystem, trifft sie z. B. die Gesammtheit der Baucharterien in Folge einer Durchschneidung der Nn. splanchnici, so genügt dies doch noch, um den mittleren Blutdruck stetig herabgehen zu machen; gleichzeitig füllen sich die Bauchgefässe prall an, während in den übrigen Körpertheilen Anämie auftritt. Innerhalb der erweiterten Gefässe ist der Blutstrom verlangsamt; die Pulsation setzt sich, wenn die Erweiterung nur eine kleinere Arterie z. B diejenige der Submaxillardrüse trifft, in die Capillaren und event. sogar bis in die Venen fort, das Blut kann noch hellroth in diese übertreten (Cl. Bernard). Umgekehrt ist das Resultat lokaler Einengung der Arterien Verminderung des Blutstromes durch die contrahirte Arterie und ihre Aeste, Verstärkung desselben in den übrigen Arterien und Zunahme des allgemeinen Blutdruckes in geringerem, des lokalen Blutdruckes in erheblicherem Maasse.

So wird der vasomotorische Apparat durch Erhaltung eines mittleren Arterientonus und durch Herstellung eines vermehrten oder verminderten Contractionsgrades ein wirksames Mittel zur Regelung des Blutstromes in den verschiedenen Theilen des Körpers.

γ) Der Einfluss der abgeänderten Gefässweite auf das Herz ist ein indirecter. Wenn durch Reizung der Vasomotoren der Blutdruck und die Stromgeschwindigkeit ansteigt, so erwächst dem Herzen vermehrte Arbeit behufs Ueberwindung des grösseren Widerstandes seitens der auf ihm lastenden Blutsäule. Das Herz wird so zunächst zur Vermehrung seiner Pulsationen nach Zahl und Energie gezwungen (Heidenhain, C. Ludwig). Gleichzeitig aber regt der vermehrte Druck die Thätigkeit des N. depressor an und giebt dadurch Anlass zu nachfolgender Gefässerweiterung und secundärem Sinken des Blutdruckes. Umgekehrt wird in Folge der die Blutgefässerweiterung begleitenden Verlangsamung des Blutstromes und Blutdruckabnahme die Herzaction nicht blos weniger in Anspruch genommen, sondern das Pumpwerk erhält auch wegen der Störungen in dem Zurückströmen des Blutes zum Herzen nicht hinreichenden Stoff zur Weiterbeförderung (Goltz), es vollführt also kleine, langsame und mühsame Contractionen. Es ist denkbar, dass auch in diesem Falle der abnorm geschwächte intrakardiale Blutdruck einen Reiz für die intramuskulären Herznerven und Ganglien abgiebt, welcher zur Beschleunigung der Herzaction und gleichzeitigen Gefässcontraction Veranlassung giebt.

Von dauernden Störungen in der Gefässinnervation werden endlich

auch Affectionen in der Ernährung der betroffenen Gewebe und Körpertheile abhängig gemacht. Lähmung der Gefässverengerer bedingt Capillarausweitung und Blutstauung, dadurch starke Venosität des Blutes der afficirten Theile und Ernährungsstörung. Livide Färbung der Haut, Trockenheit der Epidermis, oft auch reichlichere Abschuppung derselben und Rissigwerden der Oberhaupt werden als die Folgen der Gefässlähmung in der Haut geschildert; passive Hyperämien, Neigung zur Capillarverstopfung und Thrombenbildung sollen des Weiteren daraus resultiren. Entgegengesetzten Falles kann dauernde Gefässconstriction durch Blutmangel zur Nutritionsstörung führen.

e) **Innervation der Venen, Capillaren und des Lungenkreislaufs.** Die bisherigen Besprechungen bezogen sich im Wesentlichen auf die Innervation der Arterien, indess auch die übrigen Abschnitte des Gefässsystems die Venen und Capillaren sind mit Nerven ausgestattet und nervösen Einflüssen zugänglich.

Nachdem für die Venen von Eberth, Hénocque u. A. die Elemente einer vom Nervensystem anregbaren Contractilität histologisch nachgewiesen und von Verschuir bereits 1766 Contractionen freigelegter Venen beobachtet worden waren, sind durch die Untersuchungen von Goltz, Wharton Jones u. A. die Gesetze der Veneninnervation systematisch geprüft worden. Es hat sich danach ergeben, dass beim Frosche wenigstens auch in den Venen ein vom Rückenmark und verlängertem Marke beherrschter Tonus besteht, welcher durch gewisse Reize abgeändert werden kann. Klopfen auf die Bauchwandungen erzeugt z. B. bei einem vertikal gestellten Frosche eine derartige Venädilatation, dass das Herz blutleer wird, während sich die Venen prall mit Blut anfüllen. Nur allmählich kehrt danach das Blut zum Herzen zurück, von den sich wieder contrahirenden Venen ausgetrieben. Die Venenwandungen sollen nach Warton Jones und Schiff in den Fledermausflügeln rhythmische Bewegungen ausführen.

Nerven hat man auch an den Capillarwandungen festgestellt (Tomsa, Tolotschinoff, Kessel, Bremer); die Grösse ihres Einflusses aber auf deren Bewegungen ist noch unerforscht. Die Belege für die Contractilität der Capillarendothelien wurden von Stricker, Golubew und Tarchanoff u. A. erbracht; nach Golubew sollen sich auf Induktionsschläge hin die Capillaren der Froschlarven verkürzen, deren Zellen verdicken und so das Lumen verlegen.

Der rege Einfluss, welchen das Centralnervensystem auf die Arterien des »grossen Kreislaufes« direct oder reflectorisch äussert, ist gegenüber der Lungenarterie nicht bemerkbar. Rückenmarksdurchschneidung bei Hunden, in Folge deren sich in der Art. carotis ein erheblicher Nachlass des Blutdruckes einstellte, wurde in der Art. pulmonalis kaum durch geringen Rückgang des Manometers beantwortet (Lichtheim, Badoud); und umgekehrt veranlasste Ansteigen des Blutdruckes in der Carotis, hervorgerufen durch Splanchnicus-Reizung, Compression der Aorta etc. keinerlei oder ganz unbedeutende Zunahme des Pulmonalarteriendruckes. Dagegen konnten Bradford und Dean (1889) durch

electrische Reizung der Medulla oblongata Steigerung des Blutdruckes auch in dem genannten Gefässe erzielen, die Leitungsbahnen sollen durch die 7 oberen (ersten?) Dorsalnervenwurzeln ihren Weg nehmen und deshalb auch peripherische Reizung dieser das stärkste Ansteigen des Blutdruckes in dem kleinen Kreislaufe herbeiführen. Sie scheinen auch die Ueberleitung reflectorischer Erregungen zu vermitteln, welche bei Reizung sensibler Nerven den Pulmonalisdruck sich heben lassen.

D. Die Physiologie der Blutbildungsorgane und Blutgefässdrüsen.

Der Körper beherbergt eine Anzahl von Organen u. sogen. Drüsen, deren Klassificirung aus mannigfachen Gründen mit grossen Schwierigkeiten verknüpft ist. Soweit dieselben theils durch experimentelle Untersuchungen, theils durch den pathologischen Befund mit dem Blutbildungsvorgange in Zusammenhang gebracht werden dürfen, hat man sie kurzweg Blutdrüsen oder Blutbildungsorgane geheissen; soweit sie bloss als geschlossene, kein Sekret liefernde, blutgefässreiche Organe erkannt wurden, hat man sie zu dem Blutgefässsysteme in irgend welche Beziehungen gestellt und sie Blutgefässdrüsen genannt. Unter erstere zählen das Knochenmark, die Milz, die Lymphdrüsen und die Thymusdrüse, untere letztere die Schilddrüse, Nebennieren, der Hirnanhang, die Carotisdrüsen und die Steissdrüse des Menschen.

I. Das **Knochenmark** als Blutbildungsorgan wurde bereits im histologischen Theile dieses Werkes (pag. 139 ff. und 358 ff.) berücksichtigt.

II. Die **Milz** ist seit Alters Gegenstand sorgfältiger Untersuchungen gewesen und trotzdem ist es nicht gelungen, ihr eine bestimmte Stellung zu geben. Schon Galen war die Thatsache bekannt, dass die Milz ohne Nachtheil für das Leben exstirpirt werden kann und in der neueren Zeit sind Entmilzungen keineswegs seltene Operationen in den physiologischen Instituten. Stinstra (1854), Fuehrer und H. Ludwig (1855), Vulpian, Eberhard, Mosler und ganz neuerdings Bizzozero, Sanquirico, Fanno haben theils auf Grund der Ergebnisse ihrer Milzexstirpationen, theils mikroskopischer Untersuchungen den Zusammenhang des Organes mit der Bildung der körperlichen Elemente des Blutes demonstriren zu können geglaubt; Andere finden in ihm eine Stätte des Zelluntergangès (Koelliker und Ecker (1847), Gerlach und Schaffner, Kusnezoff 1873). Schiff (1863) brachte die Milz mit dem Verdauungsvorgange, insbesondere mit der Sekretion des pankreatischen Saftes in Beziehung.

a) Die Milz als Bildungsstätte körperlicher Bestandtheile des Blutes. Das Milzvenenblut ist an farblosen Zellen weit reicher als das Arterienblut; sein Gehalt an solchen steigt bis zum vierten Theile der farbigen Elemente an (Funke 1851), nach Hirt beträgt das Verhältniss der farblosen Blutzellen zu den farbigen in der Vena lienalis 1 : 70. Das weist allerdings zunächst auf eine starke Zunahme

der farblosen Blutzellen bis auf das 6-, 30- bis fast 100fache hin, kann aber zum Theil auch auf eine Abnahme der farbigen Blutzellen zurückgeführt werden, wie solche in der Milz als nicht minder wahrscheinlich erachtet wird (s. u.). Die Entmilzungen wurden nach den Befunden der Mehrzahl der betreffenden Forscher von Schwellungen der Lymphdrüsen gefolgt, Mosler dagegen sah solche nicht regelmässig in die Erscheinung treten. Dagegen wurden, seitdem man in dem rothen Knochenmarke ein Blutbildungsorgan anzuerkennen sich gewöhnt hat (Neumann 1868), in diesem konstant Symptome gesteigerter Lymphzellenbereitung nach Splenektomien erkannt. Das alles zusammengenommen stellt uns die Milz als die Geburtsstätte von, dem Blute sich direkt beimischenden Leukocyten dar. Das auffallende Missverhältniss, welches zwischen dem Gehalte des Milzarterienblutes im Vergleich mit dem übrigen Arterienblute nach den Untersuchungen Hirt's vorliegen soll, entzieht sich der Erklärung. Hirt fand in dem Blute der Art. lienal. auf 1 farblose Blutzelle durchschnittlich 2180 gegen 350—500 farbiger Blutzellen in anderen Arterien. Wenn diese Beobachtung jedoch thatsächlich, dann illustrirt sie um so mehr die hervorragende Antheilnahme der Milz an der Bildung von Lymphzellen.

Die Milz ist auch die Brutstätte farbiger Blutzellen. Funke, welcher zuerst (1858) den fraglichen Vorgang in die Milz verlegte, appellirte an die farblosen Elemente und glaubte in ihnen, wie auch Anfangs Neumann und Bizzozero in denjenigen des Knochenmarkes, die Mutterzellen der roten Blutkörperchen feststellen zu können, indem er eine Anzahl Uebergangsformen von den farblosen zu den farbigen Elementen des Blutes zeichnete. Kölliker und Neumann haben uns dann in den kernhaltigen, embryonalen Blutzellen der Milz die Vorstufen der rothen Blutkörperchen vorgestellt; Malassez rekurrirte auf die sogenannten Haematoblasten und erbrachte durch Zählungen den Beweis des grösseren Reichthums des Milzvenenblutes auch an farbigen Blutzellen im Vergleich zu dem Milzarterienblute. Bizzozero und Salvioli beobachteten vorübergehende Anschwellung des Milzparenchyms und grossen Gehalt desselben an kernhaltigen rothen Blutzellen nach starken Blutverlusten. Tizzoni fand bei wachsenden Kaninchen Zunahme der Zahl kernhaltiger und karyokinetische Figuren bietender Blutkörperchen im Knochenmark nach vorausgegangener Splenektomie. Die hämatopoëtische Thätigkeit der Milz wird von Tizzoni für das Kaninchen auf Grund seiner Experimente bestritten, nicht für den Hund etc.

Als blutbildendes Organ kann das Knochenmark vikariirend für die Milz eintreten, deshalb ist auch die Milzexstirpation nicht immer und wenn überhaupt, dann nicht von hervorragenden Veränderungen in der Zusammensetzung des Blutes gefolgt. Gegenseitige Beziehungen der Milz und der Schilddrüse, wie sie mit Rücksicht auf die blutbereitende Thätigkeit von Kocher, Zesas u. A. vermutet worden sind, konnten Tauber, Tizzoni u. A. nicht bestätigen.

b) Die Milz gilt schon seit längerer Zeit (1847) als Einschmelzungsorgan für Blutkörperchen. Für diese Aufstellung werden zwei Gründe angeführt: das Vorkommen sogenannter blutkörperchen-haltiger Zellen und die chemische Zusammensetzung insbesondere der grössere Eisengehalt der Milz, als derselbe ihrem Blutgehalte entspräche. Die »blutkörperchen-haltigen« Zellen (s. histologische Abtheilung dieses Werkes pag. 492), welche ursprünglich als die Bildungsstätte rother Blutkörperchen gedeutet wurden (Gerlach, Schaffn r), haben sich nach Kusnezoff's Untersuchungen als Milzzellen resp. grosse kernhaltige Protoplasmen herausgestellt, welche sich, wie man dies auf dem geheizten Objekttische zu verfolgen im Stande ist, mit farbigen Blutzellen gefüttert haben. Letztere werden augenscheinlich in dem Leibe der fraglichen Zellen ihrem Untergange entgegengeführt, sie zerfallen in Pigmentmoleküle, welche als eisenhaltige Farbstoffe von dem Haemoglobin ihren Ursprung nehmen. Daher rührt dann auch der thatsächlich grössere Eisengehalt in dem Milzparenchym, als sich mit dem an sich sehr grossen Blutgehalte in Einvernehmen bringen lässt. Nasse fand in der trockenen Milzpulpa des Pferdes nahe an 5 pCt. Eisen.

Auch die übrigen chemischen Bestandtheile der Milz weisen auf einen lebhaften Stoffumsatz in dem fraglichen Organe hin. Neben den an Eisen reichen Verbindungen, worunter auch ein stark eisenhaltiger Eiweisskörper, sind als deren wichtigste Bestandtheile Leucin, Tyrosin, Xanthin, Hypoxanthin, Taurin, diverse Fettsäuren wie Milch-, Butter-, Essig-, Ameisen-, Bernsteinsäure, dann Harn- und Glycerinphosphorsäure, weiter Fette, Cholesterin, ein glutinartiger Körper, Glykogen, Inosit etc., zum grossen Theil also Substanzen gefunden worden, welche der Spaltung und Oxydation des Eiweisses entstammen.

Wenn trotz der hier angedeuteten Einschmelzung der farbigen Blutzellen das Milzvenenblut nach den Zählungen Malassez' mehr rothe Blutkörperchen führt, als das Milzarterienblut, so kann das nur durch eine Ungleichheit in dem Processe der Blutkörperchenbildung und dem Zellzerfall bedingt sein. Erstere muss letzteren quantitativ wesentlich übertreffen.

c) Die Beziehungen der Milz zu dem Verdauungsvorgang wurden zuerst von Schiff (1862) vermuthet. Schon Schönfeld (1855) hatte nachgewiesen, dass die Milz beim Menschen nach der Nahrungsaufnahme anschwillt, eine Erscheinung, deren Maximum in die 5. Stunde nach der Mahlzeit fällt; er brachte dieselbe jedoch, und wohl mit Recht mit der unter der Wirkung der neuaufgenommenen Nahrung gesteigerten Zellenbildungsthätigkeit in genetischem Zusammenhang. Diese periodische Anschwellung der Milz nach der Nahrungsaufnahme hat Schiff den Anlass zu seiner »Ladungstheorie« gegeben; danach soll zur Lieferung eines verdauungskräftigen Secretes für das Pankreas die Ladung mit Verdauungsproducten des Magens erforderlich sein; diese, von den Magen-Lymphgefässen aufgesogen, würden durch die Milz ihren Weg nehmen (?) und diese anschwellen lassen. Milzexstirpation veranlasse deshalb auch die Bildung eines für die Eiweissverdauung werthlosen Bauchspeichels, dafür jedoch diejenige eines um so kräftigeren Magensaftes. Die Beweise für die Thatsächlichkeit dieser Aufstellung hat Schiff nicht erbracht. Die Lehre ist deshalb auch obsolet geworden.

Dagegen hat es eine gewisse Wahrscheinlichkeit für sich, wenn, wie andere Au-

toren vermuthen, wegen des gemeinsamen Ursprunges die Art. lienalis und Aa. ventriculi der Füllungszustand der Milz die Menge des im Magen enthaltenen Blutes beeinflusst. Man glaubt danach, dass je weiter das Strombett der Milz, um so weniger Blut dem Magen zufliesst und umgekehrt und sieht also in der Milz einen Regulationsapparat für die Grösse der Blutströmung durch den Magen. Befähigt zu einer Veränderung des Kalibers seines Flussbettes wird das Organ aber durch seine hervorragende Contractilität.

Die Contractilität der Milz, d. i. das Vermögen, ihre Form zu ändern, verdankt sie dem reichen Gehalte an glatter Muskulatur. Gewisse Reize, wie Kälte, Electricität, Reizungen der Medulla oblongata auch durch Erstickungsblut, eine Anzahl von Arzneimitteln, wie Chinin, Eucalyptus, Mutterkorn u. a. veranlassen Verkleinerung und Formveränderung der Milz, Abblassen und Granulirung seiner Oberfläche. Roy vermuthet sogar, dass rhythmische Bewegungen der Muskulatur in kurzen 1 Minute betragenden Intervallen an der Milz ablaufen. Die dieselben beherrschenden Nervenfasern gehören dem Plexus solaris an. Ausrottung derselben lassen das Organ schlaff, gross und blauroth werden, erzeugen also Effekte, wie man sie auch bei den meisten Intoxications- und Infectionskrankheiten beobachten kann. Es ist anzunehmen, dass die hier ursächlichen Gifte ähnliche Lähmungszustände erzeugen, wie im Experiment die Nervendurchschneidung. Im Uebrigen ist die Milz dem Einflusse der Vasomotoren der Bauchhöhle, den Nn. splanchnici unterworfen.

Die Milz besitzt Reproductionsvermögen, aber nicht allen Thieren kommt ein solches zu. Tizzoni sah sich die Milz beim Hunde nach vorgängiger totaler Exstirpation wieder bilden, nicht auch beim Kaninchen.

III. Die **Thymusdrüse** ist eine wohlentwickelte Lymphdrüse (Hewson, His). Wenn sie auch in ihrer ersten Anlage als Epithelialprodukt des Vorderdarms auf eine secretorische Function zurückweist (Wiedersheim), so bietet die jetzige Thierwelt doch keinen Anhaltspunkt mehr für eine solche Thätigkeit. Man schliesst auf ihre Funktionirung als Lymphdrüse d. h. als eine Brutstätte für Lymphzellen nur aus ihrem Aufbau, der sie sich den genannten Organen wenigstens nach dem Grundgewebe und der Blutgefässvertheilung etc. an die Seite stellen lässt, wie auch aus der Thatsache, dass die allen Vertebraten zukommende Thymusdrüse bei denjenigen der Atrophie und schliesslich der vollkommenen Rückbildung anheimfällt, bei welchen Lymphdrüsen in grösserer Verbreitung vorkommen (Vögel und Säuger), während sie bei solchen, welche dieser entbehren, persistirt. Einer experimentellen Prüfung über die Bedeutung der Thymus unterzog sich, aber ohne besonderen Erfolg, Friedleben (1858); Gulliver beobachtete Volumsabnahme derselben nach der Bewegung, Zunahme dagegen in der Ruhe und bei ausreichender Ernährung.

IV. Die **Schilddrüse** ist nach ihrer Funktionirung ein noch ziemlich dunkles Organ. Die Ansichten über ihre Bedeutung sind in fortwährenden Fluctuationen begriffen, bald wird sie zu einem in hohem Maasse lebens-

wichtigen Organe gestempelt, dessen Exstirpation unabwendbar zum Tode führt (Fuhr, Rogowitsch u. A.), bald ist dieselbe von »so geringem Werthe, dass ihr Ausfall keinerlei merkliche Störung im Befinden nd Verhalten des Thieres bedingt« (Rapp, Schiff, Munk, Drobnick). Ihre Functionen bestehen nach der ersteren Auffassung ihrer Bedeutung entweder in einer regulatorischen Beeinflussung der Blutzufuhr und Vertheilung im Gehirn (Schregers 1791, Liebermeister 1864, Meuli), oder in einer gewissen chemischen Thätigkeit, wodurch die Blutmischung geregelt und Stoffe erzeugt, welche für die Ernährung des Nervensystems bedeutungsvoll sind, resp. Stoffwechselproducte entfernt oder neutralisirt werden, welche als Nervengifte wirken (Colzi 1884, Rogowitsch 1887), oder endlich in einer mit der Milz übereinstimmenden blutbildenden Thätigkeit, welche ihr daher auch die Fähigkeit verleiht, vikariirend für die Milz eintreten zu können (Kocher, Bartholet, Crédé, Zesas). Ja einzelne Forscher (Schiff) glauben sogar, dass das Organ bei den höheren Säugethieren unentbehrlich, bei den niederen bedeutungslos für das Leben sei.

Diese ausserordentlich weitgehenden Schwankungen in der Stellung der sehr zahlreichen Experimentatoren zu der Frage der Bedeutung des Organes haben ihren Grund in den so sehr verschiedenen Versuchsresultaten, welche seitens derselben in Folge differenter Exstirpationsmethoden, gewisser äusserer Zufälligkeiten bei Ausführung der Operation oder in dem Heilungsvorgange, und nicht zum mindesten auch der abweichenden Reactionen der verwandten Versuchsthiere (Affen, Hunde, Katzen, Kaninchen, Ratten u. s. f.) erhielten. Ein Theil der Experimentatoren (Cooper, Fuhr, Rogowitsch u. A.) beobachteten bei ihren Versuchsthieren (Hunden und Kaninchen) Krankheitserscheinungen, welche auf Störungen des Centralnervensystems, insbesondere des Gehirns sich beziehen und nach 3—4 Tagen, längstens 3—4 Wochen, zum Tode führen, vorausgesetzt, dass die Schilddrüse exstirpirt und keine Nebenschilddrüsen zurückgelassen wurden. Apathisches oder furchtsam, scheues Benehmen, wankender Gang, Zittern, tetanische Anfälle bei grosser Reflexerregbarkeit, klonische Krämpfe, Athmungsbeschleunigung und stürmische Herzaction waren in der Regel die ersten Erscheinungen, unter denen der Tod schnell durch Glottis- oder Zwerchfellkrampf eintreten konnte, oder es stellten sich bei längerem Uebersehen der Operation Athmungsstörungen, eine Art Dummheit und Blödsinnigkeit ein, und der Tod erfolgte dann nach 3—4 Wochen durch Kachexie (Kachexia strumipriva) und allgemeine Paralyse. — Demgegenüber haben Rapp (1840), Schiff (1859) und ganz neuerdings (1887) Hermann Munk*), Drobnick unter ihren Versuchen manchen Fall von vollkommener Heilung der ihrer Schilddrüse gänzlich beraubten Thiere (Hunde, Affen, Katzen) aufzuweisen, wenngleich auch sie anerkennen müssen, dass Hunde danach fast immer dem Tode verfallen sind, während Affen häufig demselben entgehen. H. Munk erhielt die Versuchsthiere regelmässig am Leben und dabei durchaus gesund, wenn die Wundheilung per primam intentionem also ohne jegliche Complication wie Eiterung, Wundsecretansammlung etc. erfolgte. Bei protrahirter Heilung, welche von periodischer Wiederansammlung von Wundsecret begleitet war, traten parallel mit dieser auch periodisch die eigenartigen Erscheinungen der Schilddrüsenexstirpation auf; nach Entfernung des angesammelten Wundsecretes verschwanden sie

*) H. Munk, Untersuchungen über die Schilddrüse. Sitzungsbericht der K. Pr. Academie der Wissenschaften in Berlin. XL. 1887. S. 823ff. und S. 1059ff.

und schliesslich erfolgte volle Genesung. Munk schliesst daraus auf »anderweitige« Schäden, welche mit der Operation verknüpft seien. Für ihn sind die als Folgen der bei der Operation vollzogenen Nervenverletzungen auftretenden Störungen im Respirations- und Circulationsvorgange das Primäre; die anfangs zwar beschleunigte, später aber verlangsamte Athmung erzeugt Verarmung des Blutes an O; diese in Gemeinschaft mit dem beschleunigten und verstärkten, oft die ganze Brustwand erschütternden Herzschlage bedingen weitere Störungen, wie die abnormen Bewegungserscheinungen, Krämpfe etc.; auf die Gefahr hin, in solche zu verfallen werden nach Munk die Thiere apathisch, verweigern, weil sie zu brechen fürchten, die Nahrung und sterben endlich Hungers. In anderen Fällen geht in Folge der Athmungsstörungen die Desoxydation des Blutes stürmisch vor sich, das Thier erliegt den Krämpfen durch mechanische Athmungsbehinderung. Schafe ertragen die Operation, Schweine zeigen nach Horsley die charakteristischen Symptome der Schilddrüsenentfernung: Zittern, Leukokytose, Anämie und deren Folgen, nach Munk dagegen nicht die geringsten pathologischen Erscheinungen. Auch Drobnick beobachtete bei seinen Versuchshunden fibrilläre Zuckungen, klonische und tetanische Krämpfe der Gesammtmuskulatur zuerst von Stirn- und Nacken, dann exspiratorische Dyspnoë, Verlangsamung und Unregelmässigkeit des Herzschlages u. s. f. Er glaubt alle diese Erscheinungen auf die durch die Verwundung und Wundheilung bedingte Reizung der die Drüse umlagernden Nerven zurückführen zu müssen; die motorischen, respiratorischen und kardialen Symptome sind durch den Eingriff hervorgerufene, direct oder reflectorisch ausgelöste Nervenreizerscheinungen. Dieser Auffassung tritt neuestens Ewald entschieden entgegen indem er zeigt, dass anderweitige Verletzungen am Halse mit Betheiligung der Schilddrüsengegend und der in ihr gelegenen Nerven niemals Symptome hervorgerufen hätten, wie nach der Fortnahme der Schilddrüse. Und auch Carle, der bei einzelnen Hunden nur die Schilddrüsenkapsel exstirpirte und damit die gleichen Nervenverletzungen setzte, wie bei der Totalentfernung des Organs, dafür aber die Schilddrüse den Thieren beliess, sah nur anfänglich einige Schluckstörungen eintreten; dann genasen die Thiere und nährten sich vorzüglich, sodass sie, 4 Monate danach getötet, sogar an Körpergewicht zugenommen hatten. Derselbe weist ferner auf das Vorkommen zahlreicher Nebenschilddrüsen hin, welche entlang dem ganzen Respirationstraktus selbst an der Theilungsstelle der Luftröhre, zwischen Pulmonalarterie und Aorta, in dem Fette unter dem Herzbeutel sitzen können.

Die der Schilddrüse eventuell zukommende Function eines Regulationsapparates für die Gehirncirculation wird von Liebermeister dahin erläutert, dass das Organ sich je nach der Stärke des Blutdruckes als »Sicherheitsventil« durch Erweiterung der Gefässe mehr oder weniger öffnet, um so den Blutstrom in sein Parenchym hinein und dadurch vom Gehirn abzuleiten, während es andererseits bei eintretender Anaemie durch Gefässcontraction nach oben zum Gehirn treibt. Danach würde die Schilddrüse in dieser Hinsicht für das Gehirn das sein, was die Milz für den Magen (s. o.). Zesas schliesst die fragliche Function der Schilddrüse aus dem von ihm gemachten Obductionsbefunde, wonach die an den Folgen der Thyreodectomie gestorbenen Hunde auffallende Blässe und Blutleere des Gehirns bei normalem Blutgehalte der übrigen Organe darboten. Da er gleichzeitig Vergrösserung der Milz und Mesenterialdrüsen bei diesen Thieren beobachtete, so glaubte er darin den Beweis für die blutbildende Thätigkeit der Schilddrüse und die eventuelle compensirende Stellvertretung seitens der Milz und Lymphdrüsen erblicken zu müssen. Gerade die letztere Function ist jedoch von den meisten anderen Forschern energisch zurückgewiesen worden (Tauber, Sanquirico und Canalis,

Albertoni und Tizzoni etc.). Die Function der Drüse als eine chemische aufzufassen und ihr die Bereitung wichtiger Ernährungsstoffe für das centrale Nervensystem zuzuschreiben, sah sich Schiff berechtigt; er glaubte gleichzeitig den Beweis erbracht zu haben, dass das Organ, die allmähliche Entziehung seines Einflusses durch getheilte Abtragung etc. vorausgesetzt, durch andere in dieser seiner Function vertreten werden könne. Ihm gegenüber stellte Colzi zuerst die Vermuthung auf, dass die Bedeutung der Drüse darin beruhe, dem Blute Stoffe zu entziehen, welche als deletäre Umsetzungsproducte bei ihrer Retention eine Autointoxication des Organismus herbeiführten. Rogowitsch führt als Belege dieser Thätigkeit die anatomischen Veränderungen ins Feld, welche sich nach Totalexstirpation der Schilddrüse am Centralnervensystem einstellen sollen: trübe Schwellung von Axencylindern und Nervenzellen, schliesslich Zerfall und gänzlicher Schwund dieser letzteren, an deren Stelle Körnchenzellen in der Hirnrinde, in einigen Kernen des Mesenkephalon und den Dorsalhörnern des Rückenmarks und insbesondere im Vagus-, Hypoglossus- und Respirationskern auftreten, kurz die Zeichen einer Enkephalomyelitis parenchymatosa subacuta. In ihrer Thätigkeit wird nach seiner Ueberzeugung die Schilddrüse durch die Hypophysis unterstützt, kann aber durch sie nicht substituirt werden. Mit dem vermutheten Einfluss der Schilddrüse auf das centrale Nervensystem bringt man zuweilen das häufige Nebeneinanderbestehen von Kropf (Schilddrüsenhyperplassie) mit Idiotie und Cretinismus in Zusammenhang.

Gegenüber diesen so differenten Versuchsergebnissen und besonders auch der von Vielen, vornehmlich aber von Carle erhärteten Thatsache des Vorkommens eventuell zahlreicher Nebenschilddrüsen, welche nach Exstirpation der Hauptdrüse vikariirend für diese eintreten können, scheint es nicht berechtigt, eine nach der einen oder anderen Richtung hin exclusive Stellung einzunehmen. Es ist ja nicht undenkbar, dass ein Theil der fraglichen Erscheinungen auf die durch die Operation bedingte Nervenreizung zurückgeführt werden kann, und dass selbst der Tod vieler der Schilddrüse beraubten Thiere dadurch veranlasst wird. Aber trotzdem darf man mit Grützner schliessen, dass die Mehrzahl der Todesfälle auf ein sich in der Wunde ansiedelndes oder was noch wahrscheinlicher, auf ein nach Entfernung der Schilddrüse sich erst bildendes oder richtiger im Körper ansammelndes Nervengift (vielleicht Mucin [Korsley] oder ein Versetzungsprodukt derselben) zu beziehen ist, dessen Ausscheidung (Colzi) oder Vernichtung ehedem Aufgabe der Schilddrüse war. Darnach würde die Schilddrüse ein lebenswichtiges Organ sein, dessen Entfernung bei Hunden etc. nur dann keine Schädigung des Organismus herbeizuführen vermag, wenn accessorische Organe gleicher Art die Funktionen des Hauptorgans übernehmen. —

IV. Ueber die Functionen der **Nebennieren** ist absolut nichts Sicheres bekannt. Aus ihrem Bau lässt sich ein Schluss nicht ziehen, ihre anatomischen und entwickelungsgeschichtlichen Beziehungen zu dem sympathischen Nervensystem gestatten ebenso wenig einen Einblick in ihre Thätigkeit. Excisionen der Nebennieren sind wegen ihrer Lage in der Nähe von Bauchfell und Abdominalorganen sehr gefährlich, wenn auch nicht immer tödtlich. So kommt es, dass man nur Vermuthungen aussprechen kann. Brown-Séquard glaubt, dass den Nebennieren die Aufgabe zukommt, die

Bildung übermässiger Mengen Pigmentes im Blute zu verhindern; er gründet diese Anschauung auf den häufigen Befund einer Entartung der Nebennieren in Begleitung der Addison'schen Krankheit, einer als primäre Nervenaffection aufzufassenden bronceartigen Hautverfärbung (bronzed skin).

V. Der **Gehirnanhang** ist seiner Bedeutung nach vollends durchaus unbekannt und das gleiche gilt für die **Carotisdrüse** und die Steissdrüse des Menschen. Der Beziehungen der Hypophysis zu der Schilddrüse, wie sie Rogowitsch aus den constant von ihm beobachteten Veränderungen im Gefolge der Thyreodektonie geschlossen hat, wurde oben gedacht.

Einnahmen und Ausgaben des Blutes.

Einleitung von Ellenberger.

Wie aus den Angaben S. 210—212 ersichtlich ist erleidet das Blut während seines Umlaufs durch den Körper und zwar speciell während seines Laufs durch das Capillargebiet in Folge des lebhaften Wechselverkehrs, welcher zwischen ihm und den Geweben einer- und zwischen ihm und der Aussenwelt andererseits ununterbrochen stattfindet, erhebliche Veränderungen. Um den Zwecken dienen zu können, für die das Blut im Organismus bestimmt ist, und um stets diejenige Zusammensetzung zu behalten, die für den Ablauf des gesunden Lebens nothwendig ist, nimmt dasselbe aus den Körpergeweben und der Aussenwelt gewisse Stoffe auf und giebt andere an dieselben ab. Es nimmt von der Aussenwelt den gasförmigen Sauerstoff und flüssige und feste Nährstoffe (d. h. oxydirendes und oxydirbares Material) auf, und giebt dieses Material sodann an die Gewebe wieder ab; es empfängt von diesen oxydirtes Material und sonstige Producte des Stoffwechsels (Kohlensäure, Wasser und andere Auswurfstoffe), und überliefert diese den Auswurfsorganen, welche dieselben an die Aussenwelt abgeben. — Alle diese Vorgänge erfolgen zu einem erheblichen Theile nach rein physikalischen und chemischen Gesetzen, nach den Gesetzen der Endosmose, der Filtration, der Imbibition, der chemischen Verwandtschaft und dergl.

Die gasförmigen Einnahmen und Ausgaben des Blutes stellen den Vorgang der Athmung dar. Die äussere Athmung besteht in der Aufnahme von O aus der Aussenwelt und in der Abgabe von CO_2 und Wasserdampf an dieselbe, während bei der inneren Athmung das Blut an die Gewebe O abgiebt und CO_2 von ihnen empfängt.

Die Aufnahme von oxydirbarem, spannkraftreichen Materiale aus der Aussenwelt wird durch die Vorgänge der Verdauung und der Absorption vermittelt.

Die Abgabe dieses Materiales an die Gewebe und Organe geschieht durch Ergiessungen von Blutserum oder Blutplasma in die Gewebe, d. h. durch die Transsudation und die einleitenden Akte der Secretion. Der Vorgang der Aufnahme der Stoffwechselproducte aus den Geweben wird als Resorption (d. h. Rückstrom des vorher Transsudirten in das Gefässsystem), die Abgabe der Stoffwechselproducte an die Aussenwelt als Excretion bezeichnet. Ein besonderer Vorgang, der mit Abgaben des Blutes an bestimmte Organe eingeleitet wird, ist die Secretion (s. das betr. Kapitel). Die Excretion, die Secretion und die Transsudation werden zu-

sammen als Absonderungen (Secretionen im weiteren Sinne) d. h. Bildung von Flüssigkeiten aus Material, welches dem Blute entstammt, zusammengefasst. Sie erfolgen auf die äussere Oberfläche oder in innere Hohlräume und Kanäle.

Die äussere Athmung geschieht durch die Lungen und in unerheblicher Weise durch die Haut und den Darm, die innere durch das Capillargebiet der Gefässe und die Gewebe. Der Verdauung und Absorption dient der Verdauungsapparat, der Resorption die Anfänge der Venen und Lymphgefässe, der Absonderung (der Excretion, der Secretion und der Transsudation) die Capillaren, die Häute und Drüsen.

Die **flüssigen Ausgaben** des Blutes (die Absonderungen) bestehen in a) Ergiessungen von Flüssigkeiten in Höhlen, Binnenräume, Gewebe und Organe des Körpers = Transsudationen; b) Ergiessungen in Drüsen = Se- und Excretionen.

I. Die Ausgaben des Blutes an flüssigen Bestandtheilen.

A. Die Transsudationen und die Transsudate, von Ellenberger.

Während das Blut durch die Capillaren fliesst, treten in Folge des Druckes, unter welchem es steht, nach den Gesetzen der Filtration bedeutende Mengen flüssiger und gelöster Bestandtheile durch die Capillarwände nach aussen (s. S. 285), durchtränken und überschwemmen die Gewebe und Zellen als Parenchymsaft (Parenchymflüssigkeiten) und erfüllen die Gewebsspalten, die Binnenräume und Höhlen oder befeuchten die Wände (Häute) derselben als Serum (Lymphe). Dieses Material wird dazu benutzt, um die chemischen Umsetzungen im Körper zu bestreiten, Ersatz für die im Stoffwechsel verbrauchten Bestandtheile zu schaffen, das Kraftmaterial für die Verrichtungen des Körpers und event. Material für Wachsthum und für Depositionen zu liefern, die Oberflächen der Höhlen und Organe schlüpfrig zu erhalten u. s. w. Ein rascher Wechsel dieser Säfte, ein ununterbrochenes Ergiessen und ununterbrochenes Fortschaffen des verarbeiteten Ergossenen ist eine der Grundbedingungen des gesunden Lebens. Sobald ein Stillstand oder eine Zögerung darin stattfindet, leidet die Ernährung und die Function der Gewebe und Organe und tritt in ihnen eine Ansammlung von Ermüdungsstoffen und ein Mangel an Stoff und Kraft ein. Alle Gewebe und Organe sind stets durchfeuchtet und finden in den Arterien stetig functionirende Bewässerungsröhren.

Zu den serösen Flüssigkeiten gehören die Pleural-, Peritoneal, Pericardial-, Cerebrospinal-, Augenkammerflüssigkeit (humor aqueus), die Flüssigkeit des Hodens, die Synovia, die Amniosflüssigkeit u. dergl. Sie alle, sowohl der Parenchymsaft, als das Höhlenserum, besitzen ähnliche Eigenschaften wie die Lymphe, weil diese bekanntlich dadurch entsteht, dass die Gewebs- und Höhlenflüssigkeiten in die Lymphgefässe aufgenommen werden (s. das Kapitel »Lymphe«). Sie stellen alkalisch reagirende, meist wasserklare, farblose oder schwach gelbliche Flüssigkeiten dar, welche dieselben Bestandtheile wie das Blut, wenn auch in anderem quantitativen Verhältnisse, enthalten. Durch die Art ihrer

Entstehung wird die Thatsache erklärt, dass ihr Gehalt an Eiweisskörpern (incl. Fibringeneratoren) ein geringerer ist als der des Blutes. Die Eiweisskörper filtriren und diffundiren nämlich durch thierische Membranen bedeutend schwieriger als die anderen Bestandtheile des Blutplasma.

Die quantitative Zusammensetzung der serösen Flüssigkeiten, die auch Gase, z. B. CO_2 (Planer) enthalten, ist nach dem Orte des Vorkommens, nach den Membranen und nach den Geweben, durch welche die Transsudation (Filtration) stattfindet, nach den functionellen Verhältnissen der Organe, nach dem gegebenen Blutdruck, nach der Blutbeschaffenheit u. s. w. verschieden. Die vorhandenen chemischen Analysen beziehen sich in Anbetracht der geringen Menge der normalen Transsudate meist auf pathologische Flüssigkeiten. Bei diesen ist aber der Eiweissgehalt in Anbetracht des bei ihrer Bildung erhöhten Blutdruckes und der dabei meist vorhandenen Erkrankungen der Gefässwände oft ein recht bedeutender und demnach nicht normal.

Die Fibringeneratoren sind in den normalen Flüssigkeiten stets in so geringer Menge vorhanden, dass letztere gar nicht gerinnen oder nur lockere Flocken und einzelne Fäden, aber keinen Kuchen bilden. Setzt man ihnen defibrinirtes Blut zu, dann tritt meist eine feste Gerinnung ein (Pericardialflüssigkeit des Pferdes, Al. Schmidt).

Das Gewebs- und Höhlenserum enthält körperliche Elemente, als: Leucocyten, Elementarkörnchen, Fetttröpfchen, wohl auch Zelltrümmer, nur sehr spärlich. Die Lymphe unterscheidet sich von ihm durch einen reichlicheren Gehalt an diesen Elementen und durch die spontane Gerinnbarkeit, d. h. den grösseren Gehalt an Fibringeneratoren.

1. Synovia ist die in den Gelenkhöhlen und Sehnenscheidenräumen vorhandene farblose oder gelbliche, etwas zähklebrige, schmierige, Mucin enthaltende Flüssigkeit; sie wird bei der Bewegung der Gelenke zäher und reicher an Mucin. Frerichs fand dieselbe bei 2 Ochsen aus 948,5 resp. 969,9 Theilen Wasser und 30,1 resp. 51,5 Theilen fester Stoffe bestehend. Die letzteren bestanden aus 2,4 resp. 5,6 Mucin, 15,7 resp. 35,1 Albumin und Extractstoffen, 0,6—0,7 Fett und 9,9 resp. 11,3 Salzen. Die Synovia ist kein einfaches Transsudat, sondern ein unter Eigenthätigkeit der Zellen des Endothels gebildetes Secret. Dies ergiebt sich aus ihrem Mucingehalte. Ueber die Bildung von Schleim s. »Verdauungssecrete«.

2. Der Humor aqueus des Auges war bei einem Kalbe nach Lohmeyer zusammengesetzt aus 986,70 Wasser und 13,3 festen Stoffen (1,4 Albumin, 4,2 Extractivstoffe, 7,7 Salze).

3. Die Peritonealflüssigkeit bestand bei einer Untersuchung von J. Vogel aus 946,0 Wasser, 54,0 festen Stoffen (33,0 Eiweiss, 13,0 Extractivstoffe, 8,0 anorganische Salze). Das Eiweiss steigt zuweilen bis 5 pCt. Tiedemann und Gmelin fanden 976,20 Wasser, 11,90 Eiweisssubstanzen und 11,9 Extractivstoffe.

4. Die Pleuralflüssigkeit bestand nach einer Analyse von C. Schmidt aus 936,0 Wasser und 64,0 festen Bestandtheilen (53,4 Eiweissstoffe, 3,2 Extractivstoffe, 7,4 Salze).

5. Die Pericardialflüssigkeit fand Gorup-Besanez bestehend aus Wasser 955,13, festen Stoffen 44,87 (25,5 Eiweissstoffe, 12,7 Extractivstoffe, 6,7 Salze).

6. Die Cerebrospinalflüssigkeit enthält sehr wenig feste Stoffe (0,16—1 pCt.), Hoppe-Seyler fand 98,74 Wasser, 1,25 feste Bestandtheile und 0,16 Albumin. Sie und die Adominallymphe enthalten eine besondere Zuckerart (Hoppe).

B. Die Se- und Excretionen.*)

Einleitung (von Ellenberger). Die aus dem Blute in Drüsen ergossenen Flüssigkeiten (s. S. 333) werden entweder, wie dies namentlich mit den aus den chemischen Vorgängen in den Geweben hervorgegangenen Stoffwechselproducten der Fall ist, als unbrauchbar und schädlich ausgeworfen (Excrete) oder zur Bildung von solchen Flüssigkeiten (Secreten) verwendet, welche dem Körper noch mit Nutzen und zwar in mechanischer und chemischer Beziehung (Verdauungssecrete, Schweiss, Talg) oder dadurch dienen sollen, dass sie die Hervorbringung und Bildung und die Ernährung der Embryonen und der Jungen vermitteln (Geschlechtsproducte, Milch). Im ersteren Falle spricht man von Excretion, im letzteren von Secretion. Beide Acte werden also stets eingeleitet von dem durch die geschlossenen Capillarwände hindurch erfolgenden Erguss von Blutbestandtheilen in die drüsigen Organe. Die Substanzen der Secrete stammen sonach stets aus dem Blute.

Die Absonderungen finden entweder beständig oder nur zu gewissen Zeiten (Samen, Eier, Milch) statt. Dabei gelangen die Secrete entweder direct nach aussen (Schweiss, Talg) oder sie werden in Höhlen und Kanäle ergossen, aus denen sie, soweit sie nicht zur Resorption gelangen, durch Muskel- und Flimmerbewegung entfernt werden.

Die Absonderungsorgane, die Drüsen, stellen ein von Gefässen umgebenes Zellenlager dar, welches meist als Wandschicht eines einfachen Hohlraumes oder eines Hohlraumsystemes auftritt. Die Zellenlager (Drüsenhohlräume) sind rundum von einer Lymphspalte (einem Lymphraum) und von einem Capillarnetz umgeben. Die Oberfläche der Hohlräume ist unter Zusammendrängen auf einen kleinen Raum und ein kleines Lumen durch vielfache Verzweigung oder knäuelförmige Aufwickelung, durch Bildung von Vorsprüngen und Buchten u. dgl. bedeutend vergrössert. Dabei stehen die Hohlräume in der Regel mit Ausführungsgängen, welche das Drüsensecret auf eine Oberfläche ergiessen, in Verbindung. Die Drüsen sind reich an Blut- und Lymphgefässen und an Nerven.

Die Alten hatten von der Drüsenabsonderung noch keine klare Vorstellung; ihnen galt z. B. der Nasenschleim als ein Abfluss aus dem Gehirn und erst 1660 wurde durch Schneider die Unrichtigkeit dieser Anschauung dargethan. Die Anatomie der Drüsen wurde im 17. Jahrhundert und zwar wesentlich durch Glisson, Wharton, Stenson, Rivini, Peyer, Brunner, Malpighi, Wepfer bearbeitet. Sie wurde erheblich gefördert durch die Entdeckung der Structur der Nieren von Joh. Müller und Bowman und durch das Werk von Joh. Müller über die Drüsen (1830). Längere Zeit hat man dann angenommen, dass die Drüsensecretion eine Colatur des Blutes (ohne Blutkörperchen) sei, indem man sich vorstellte, dass die Hohlräume der Drüsen Fortsetzungen der Blutgefässe, dass letztere also offen und dass die Drüsenräume so eng seien, dass die Blutkörperchen nicht durch dieselben passiren könnten.

Den heutigen Stand der Lehre von der Absonderung verdanken wir in erster Linie den Arbeiten von C. Ludwig, von Cl. Bernard und Heidenhain und der Entdeckung der Osmose und ihrer Gesetze durch Dutrochet (1826).

---

*) Die Secretion der Geschlechtsproducte (Samen und Eier) wird in dem Kapitel »Fortpflanzung« besprochen.

Zu den Se- und Excreten gehören der Harn, der Schweiss, der Hauttalg, der Schleim, die Epidermisschuppen u. s. w. und die sogenannten Verdauungssecrete.

Unter Verdauungssecreten, deren physiologische Wirkungen in dem Kapitel über die »Verdauung« besprochen werden, verstehen wir solche, vom Thierkörper gelieferte Flüssigkeiten, die in den Verdauungskanal ergossen werden und bei den Verdauungsvorgängen eine bestimmte Rolle spielen. Hierhin gehören der Speichel, der Magensaft, die Galle, der Pancreassaft und der Darmsaft. Die Se- und Excrete und ganz besonders die Verdauungssecrete bestehen 1. aus dem Secretwasser, einer dem Blutserum ähnlichen, die Blutsalze (und weist einige Eiweisskörper) enthaltenden Flüssigkeit; 2. aus gewissen besonderen Bestandtheilen, die dem Secrete das specifische Gepräge geben und deshalb als specifische oder charakteristische Bestandtheile bezeichnet werden. Zu den letzteren gehören vor Allem die sog. Enzyme der Verdauungssäfte (Verdauungsfermente), sodann z. B. Mucin, gewisse Farbstoffe, anorganische und organische Säuren, die Gallenfarbstoffe, der Harnstoff u. s. w. Nur wenige Secrete, z. B. die Thränen, besitzen keine charakteristischen Bestandtheile.

Der Secretionsvorgang. Alle Secrete werden von Drüsen oder vom Deckepithel und die Verdauungssecrete von den Drüsen des Verdauungsschlauches (den Verdauungsdrüsen) und vom Epithel des Verdauungsrohres abgesondert. Die Drüsen und das Epithel sind niemals in der Gesammtheit, sondern immer nur in bestimmten Theilen thätig. Auch geschieht bei den meisten Drüsen die Absonderung ihrer Secrete und deren Abführung in besondere Behälter oder auf die Körperoberfläche oder in den Verdauungskanal nicht ununterbrochen, sondern in Intervallen. Die zwischen den Ergiessungen der Secrete (den Secretionen im engeren Sinne) liegenden Zeiten werden die Ruhestadien und die Perioden der Ergiessung die Thätigkeitsstadien der Drüsen genannt. Während des Ruhestadiums ist die Drüse nicht etwa unthätig, sie bildet im Gegentheil die specifischen Bestandtheile oder entzieht sie dem Blute und lagert sie in sich ab.

Den einzelnen **Secretionsvorgang** unterscheidet man auf Grund der oben erwähnten Zusammensetzung der Secrete in a) den Vorgang der Wasserabsonderung, b) den Vorgang der Secretion der specifischen Bestandtheile (Heidenhain). Der letztere Vorgang zerfällt wieder in α) die Bildung der specifischen Bestandtheile resp. ihre Ablagerung in den Drüsenzellen; β) die Ausscheidung derselben, resp. ihre Beimischung zum Secretwasser.

1. **Die Wasserabsonderung.** Früher wurde der gesammte Secretionsvorgang als ein rein physikalischer Austritt von Bestandtheilen des Blutes aus den Gefässen, und zwar als Endosmose und Filtration aufgefasst. Man war dazu insofern berechtigt, als man wusste, dass die extravasculären Flüssigkeiten anders zusammengesetzt sind als das Blut und dass ausserhalb der Capillaren (in den Drüsenräumen) meist

ein geringerer Druck herrscht als in denselben. Nachdem man aber erkannt hatte, dass die meisten Secrete Stoffe enthalten, welche nicht im Blute vorgebildet enthalten sind, so musste für die Bildung dieser Stoffe eine Eigenthätigkeit der Drüsen angenommen und die Theorie, welche die Drüsensecretionen als endosmotische und Filtrations-Vorgänge betrachtete, auf die Wasserabsonderung beschränkt werden.

Bedenkt man nun aber, dass die Drüsen trotz des Druckunterschiedes zwischen Blut und Geweben nicht beständig, sondern nur zu gewissen Zeiten absondern und dass in anderen, nicht drüsigen Organen selbst bei Erhöhung dieses Druckunterschiedes und bei Erweiterung der Capillaren keine Secretion eintritt, während in Drüsen unter Umständen bei erweiterten Capillaren die Secretion sistirt und bei verengerten Capillaren stattfindet, dann muss man auch für den Akt der Wasserabsonderung eine active Thätigkeit der Drüsen annehmen. Diese Annahme erhält eine weitere Begründung in der Thatsache, dass die Drüsensecretionen selbst dann fortdauern können, wenn der Blutdruck niedriger ist als der Druck in den Drüsenkanälen (Ludwig) und dass auch in circulationslosen und ausgeschnittenen Drüsen die Secretion hervorgerufen werden kann.

Der Anfänger mag sich den Vorgang der Wasserabsonderung wie folgt vorstellen: Die Drüsenzellen wirken wie Badeschwämmchen auf ihre Umgebung; sie üben demnach eine Attraction aus auf alle sie umgebenden Flüssigkeiten, auf den Parenchymsaft, auf das in den Blutcapillaren enthaltene Blut und auf das in den periglandulären Räumen befindliche Serum. Sie saugen sich sonach mit serösen Flüssigkeiten voll. Diesem ersten Akte folgt eine Eigencontraction der vollgesaugten contractilen Drüsenzellen oder ein Zusammenpressen resp. Auspressen derselben durch die um die Drüsenzellen liegenden Muskelfasern oder durch Retraction der elastischen Membrana propria. In Folge dessen wird der Inhalt der Drüsenzellen in den Drüsenhohlraum ergossen, worauf sich die erschlaffende und in Folge des Nachlassens der Contractionen vom Druck befreite Zelle von Neuem vollsaugt etc. Der geschilderte Vorgang erfolgt nur auf Anregung vom Nervensystem. Dieses versetzt die Drüsen- und Muskelzellen in den thätigen Zustand. Beim Fehlen des Nervenreizes ruhen die Zellen und sistirt die Wassersecretion. Die letztere beruht also in einer Eigenthätigkeit der Drüsenzellen und nicht in den Circulationsverhältnissen der Drüsen.

Früher hat man vielfach der Membrana propria der Drüsen eine besondere Secretionskraft zugeschrieben. Da aber viele Drüsen, namentlich diejenigen niederer Thiere gar keine derartige Membran besitzen und da diese Membran auch bei Flächensecretionen des Oberflächenepithels vieler Häute nicht in Betracht kommen kann, so muss die Secretionskraft in den Drüsenzellen liegen. Dieselbe muss speciell in den constanten Theilen derselben, in dem feinkörnigen Protoplasmanetz (Zellgerüst) resp. im Kern gesucht werden. Wäre diese Kraft an die verschwindenden Bestandtheile der Zellen (Ferment, Mucin etc.) gebunden, dann müsste die Wasser-Secretion aufhören, sobald diese Bestandtheile verschwunden sind (s. unten); dies ist

aber nicht der Fall. Eine fermentfreie Verdauungsdrüse secernirt auf Reizung weiter, liefert aber natürlich ein fermentfreies Secret.

Um den Secretionsvorgang zu verstehen, ist weiterhin noch Folgendes zu bedenken: a) zu den Secretionszeiten tritt in Folge bestimmter Nerveneinflüsse (der Vasomotoren oder Dilatatoren) eine Vermehrung des Blutgehaltes der Drüsen unter Erweiterung der Gefässe und Beschleunigung des Blutlaufs ein; b) schon normaliter transsudirt in allen Körperorganen und Geweben Blutserum durch die Wände der Capillaren, welches die Gewebe durchtränkt und überschwemmt; c) das unter einem bestimmten Drucke stehende Blut wird fortwährend gewechselt und es strömen ohne Unterlass neue Flüssigkeitsmengen zu; hierdurch allein wird die Schnelligkeit und Massenhaftigkeit vieler Secretionen erklärlich.

II. **Die Secretion der specifischen Bestandtheile**. Die specifischen Bestandtheile (Eigenbestandtheile) der Drüsensecrete finden sich entweder schon im Blute (fertig ausgebildet oder in Form von Vorstufen) vor, oder sie müssen aus anderen Blutbestandtheilen erst in den Drüsen gebildet werden. Ueber die Absonderung dieser Stoffe wissen wir Folgendes: α) die im Blute vorhandenen Körper werden in der betr. Drüse in Folge einer specifischen, auf Nervenreiz hervortretenden Attraction der Drüsenzellen dem Blute in grösseren Mengen entzogen. Dies geschieht etweder schon in den Ruhestadien oder erst im Stadium der Wasser-Secretion. Im ersteren Falle lagern sich die betr. Stoffe in die Zellen, welche dann ihre Reservoire darstellen, ein, um bei der Wasser-Secretion dem Secretwasser beigemischt zu werden. β) die Bildung der nicht im Blute vorgebildeten Stoffe geschieht entweder in der Weise, dass im Momente der Secretion an besonderen, dem Blute entzogenen Stoffen ein chemischer Vorgang abläuft, vermöge dessen aus ihnen der specifische Secretbestandtheil entsteht; oder sie geschieht in der Weise, dass der letztere schon in den Ruhestadien in und von den Drüsenzellen producirt, in ihnen abgelagert und erst während der Wasserabsonderung langsam löslich gemacht, gelöst und dem Secret allmählich beigemischt wird. Gewöhnlieh bilden die Drüsenzellen in den Ruhestadien nicht den Eigenbestandtheil der Secrete selbst, sondern nur eine Vorstufe desselben, so z. B. das Zymogen der Verdauungsfermente (Protrypsin, Propepsin, Pepsinogen). Die Umwandlung der Vorstufe in den betr. Körper erfolgt entweder während der Wassersecretion unter gleichzeitiger Beimischung zum Secretwasser, oder sie erfolgt im Drüsenhohlraumsystem, oder in den Ausführungsgängen, oder auch erst später in dem nach aussen oder in eine Körperhöhle ergossenen Secrete. — Die Bildung der Vorstufen oder der betr. Bestandtheile selbst geschieht entweder in der Weise, dass der Zellleib zunächst wächst und sich dann theilweise chemisch umwandelt und in den Secretstoff übergeht, oder in der Weise, dass die Zelle die betr. Stoffe direct aus den dem Blute entzogenen Bestandtheilen producirt und dann in sich ablagert und dadurch vollbauchiger und grösser wird.

Die genannte Zellarbeit kann in ihren Resultaten zum Theil durch die mikroskopische Betrachtung der Zellen festgestellt werden. Die thätig gewesene Drüsenzelle hat ein ganz anderes Aussehen als die ausgeruhte

Zelle. Während des Secretionsaktes verschwindet das in den Zellen in Form von Körnchen oder hyalinen Massen aufgehäufte Material und die Zellen werden dadurch natürlich kleiner und arm oder ganz frei von dem betr. Secretstoffe. Daneben beobachtet man Veränderungen am Kern und den Kernkörperchen in Bezug auf Grösse, Gestalt, Lage, Färbbarkeit u. s. w.

Die Zellen geben aber während der Secretion nicht allein das aufgehäufte Secretmaterial ab, sondern sie bilden auch etwas neues derartiges für die Secretion sofort verwendbares Material und vor Allem aber neue feinkörnige, netzförmig angeordnete, arbeitsfähige junge Zellsubstanzen. Dadurch nehmen die Zellen ein feinkörniges Aussehen an und werden fähig zum weiteren Leben und zu der während des nachfolgenden Ruhestadiums erfolgenden Bildung neuen Absonderungsmateriales. Durch diese Neubildung wird es verhindert, dass die Zellen in Folge der Lücken, welche durch das Verschwinden des genannten Materiales in ihnen auftreten, zu Grunde gehen. — Gewisse Zellarten werden aber trotzdem bei der Secretion, namentlich bei recht lebhafter Thätigkeit zerstört und dem Secret beigemischt. Die dadurch im Zellbelag der Drüsenräume entstehenden Lücken werden durch Ausbildung und Vermehrung der Ersatzzellen ausgefüllt.

Nach meinen eigenen Beobachtungen, welche mit denen einiger neueren Beobachter (Stöhr, Gaule, Baum) übereinstimmen, liegen bei vielen Drüsen die Verhältnisse so, dass die Zellen einer Drüse nicht alle gleichmässig thätig sind, sondern dass die Zellen und Zellgruppen derselben Drüse abwechselnd ruhen und arbeiten. Bei Untersuchung einer sog. thätigen Drüse findet man thätige und unthätige Drüsentheile (Gruppen von Acini oder Tubuli) neben einander. Nach Stöhr sind sogar auch in dem einzelnen Acinus oder Tubulus thätige, erschöpfte, unthätige, beladene und leere Zellen neben einander zu beobachten. Dies ist namentlich bei constant thätigen Drüsen der Fall. Diese Art der alternirenden Functionirung der Drüsentheile ermöglicht eine ununterbrochene Thätigkeit des Organes und verhindert eine zu starke Anstrengung und ein Zugrundegehen der einzelnen Zellen.

Die vorstehenden Betrachtungen über die Wasserabsonderung und die Absonderung der specifischen Bestandtheile haben gezeigt, dass die secretorische Arbeit der Drüsen wesentlich durch die Eigenthätigkeit der Drüsenzellen und der umgebenden Muskelzellen, resp. der contractilen Membrana propria vollzogen wird. Die frühere Vorstellung, welche die Drüsenzellen nur als Filter für die Bluttranssudate ansah, hat sich als unrichtig erwiesen (Ludwig, Heidenhain, Luchsinger und Andere). Dies ergiebt sich vor allen Dingen aus der schon vorn erwähnten Thatsache, dass die Drüsenthätigkeit auch an ausgeschnittenen und solchen Drüsen, deren Blutgefässe unterbunden werden, noch andauert, ja dass sogar an todten Thieren, kurz nach dem Eintritte des Todes gewisse Drüsen durch Reizung ihrer Nerven wieder in Thätigkeit versetzt werden können. Hinge die Drüsenthätigkeit nur

von der Blutcirculation, resp. der Säfteströmung ab, dann könnte in beiden Fällen eine Drüsenthätigkeit nicht bestehen. Wenn sonach durch die angegebenen Thatsachen der Beweis für die Eigenthätigkeit der Drüsenzellen erbracht ist, dann zeigt uns aber die andere Thatsache, dass in den beiden angegebenen Fällen die Drüsensecretion nur unvollkommen und nur kurze Zeit bestehen kann, wie gross der

III. **Einfluss der Blutcirculation auf die Secretionen** ist. Das Blut liefert den Zellen das Secretionsmaterial. Fehlt dies, dann muss die Secretion, d. h. die Drüsenzellarbeit bald sistiren. Die circulationslosen und die Drüsen des todten Thieres können noch so lange secerniren, als die Drüsenzellen in dem vorhandenen Parenchymsafte noch Arbeitsmaterial finden. Sobald dies verbraucht ist, hört die Thätigkeit der Drüsenzellen auf. Nur bei fortwährendem Blutwechsel und dem dadurch bedingten Wechsel des Parenchymsaftes kann die Drüsenthätigkeit dauernd bestehen. Die Blutzufuhr sorgt nicht blos für die Lieferung des Arbeitsmateriales, sondern auch dafür, dass den Drüsenzellen ihr Kraft- und Ernährungsmaterial geboten wird. Sie ermöglicht dadurch das neue Wachsen der Drüsenzellen nach der Secretion und den Wiederersatz der zu Grunde gegangenen Zellen aus Ersatzzellen oder aus dem Zellfuss. Für die Drüsensecretion ist sowohl der Blutzufluss resp. die Blutmenge, die in der Zeiteinheit an den Drüsenzellen vorbeifliesst, resp. sie berührt, als auch die Blutbeschaffenheit und unter Umständen der Blutdruck, die Stromgeschwindigkeit, der Reichthum der Drüsen an Blutgefässen und der Grad der Erweiterung und die Durchlässigkeit und Porosität der Wände der Capillaren wichtig.

IV. **Der Nerveneinfluss bei den Secretionen.** Da die Verhältnisse der Blutcirculation von wesentlichem Einflusse auf die absondernde Thätigkeit der Drüsen sind, so ist es selbstverständlich, dass die Secretionen 1. unter der Herrschaft des Gefässnervensystems stehen. Dazu kommt aber 2. noch ein Nerveneinfluss auf die Drüsenzellen selbst. Die specifischen Drüsennerven regen die Drüsenzellen sowohl zur Wasserabsonderung, wie zur Bildung, Löslichmachung und Ausscheidung der specifischen Secretbestandtheile an und überwachen ihre Ernährungs-, Wachsthums- und Vermehrungsvorgänge. Von ihnen allein hängt es ab, ob eine Drüse secernirt oder nicht. Durch die Gefässnerven kann eine Drüse nicht in Thätigkeit versetzt werden. Dies kann nur und allein durch die Drüsennerven geschehen.

Nach neuerer Ansicht (Heidenhain u. A.) sind für die Drüsenzellen meist 2 Nervenarten, diejenigen für die Wasserabsonderung, die secretorischen Nerven, und diejenigen für die Bildung und Secretion der organischen, specifischen Bestandtheile incl. Zellernährung, die trophischen Nerven vorhanden. Beide Nervenarten sind direct und reflectorisch erregbar.

3. Weiterhin kommt bei den Secretionen noch der Einfluss der Nerven der Muskelzellen und Muskelfasern der Drüsen und des ausführenden Apparates in Betracht. Diese motorischen Nerven

veranlassen die Contraction der Muskulatur um die Drüsenhohlräume (resp. der contractilen Membrana propria) und um die ausführenden Gänge herum. Dadurch kommt die Entleerung der Drüsen und der Erguss ihres Secretes nach aussen zu Stande und wird Platz für neu andringendes Secret geschafft.

Zum Schlusse ist in Bezug auf den Secretionsvorgang zu bemerken, dass bei demselben Wärme und Kohlensäure gebildet wird und dass das electrische Verhalten mancher Drüsen während des Secretionsstadiums Abweichungen von dem der Ruhestadien zeigt.

Die vorgetragene Lehre von der Secretion steht vielfach im Widerspruche mit neueren, von Drasch über die Drüsensecretionen gemachten Beobachtungen. Drasch hat seine Untersuchungen an den eigenthümlichen, mit einer contractilen Membrana propria versehenen Nickhautdrüsen der Frösche angestellt. Er legt der Membrana propria eine grosse Bedeutung für die Secretion bei und lässt die Drüsenzellen passiv aufquellen. Die vis a tergo für das Quellen der Drüsenzellen d. h. für die Einführung von Flüssigkeit in dieselben und wohl auch für die Ausscheidung der Flüssigkeit in den Drüsenhohlraum liegt in der Membrana propria. Vom Blutdruck ist die Drüsenabsonderung durchaus unabhängig. Die Aenderung der Drüsenbilder in der oben von mir beschriebenen Art und Weise ist nicht zu beobachten. Der eigentliche Secretionsnerv ist der Nervus sympathicus; aber auch der Nervus trigeminus wirkt bei der Nickhautsecretion mit; er scheint die contractile Membrana propria zu innerviren. Die Membrana propria vermag ihre Function, Einführung von Flüssigkeit in und durch die Drüsenzellen, nur zu erreichen, wenn die Drüsenzellen vorbereitet, also durch den Secretionsnerv erregt worden sind u. s. w.

Ein näheres Eingehen auf die Arbeit von Drasch, die auch frühere Beobachtungen von Ascherson, Eckhardt, Engelmann, Stricker, Spina u. A. vervollständigt und berichtigt, gestattet leider der Raum nicht.

I. Der Harn*).

Von

J. Tereg,

Docent an der thierärztlichen Hochschule zu Hannover.

Einleitung. Das Blut führt den Organen nicht allein die für die Erhaltung desselben nothwendigen Nährstoffe zu, sondern nimmt auch die Stoffwechselproducte der Organe auf, mit denen beladen es den Rückweg zum Herzen antritt. In der Lunge wird ein Theil des oxydirten

---

*) Unter Benutzung der einschlägigen, von demselben Verfasser herrührenden Artikel in A. Koch's Encyklopädie der gesammten Thierheilkunde bearbeitet. Dasselbe gilt zum Theil auch für die übrigen Excrete, Die Lehre vom Stoffwechsel etc.

Materials aus dem Körper entfernt; es betrifft dies ausschliesslich die Zersetzungsproducte Kohlestoff-haltiger Substanzen, welche in Form von Kohlensäure den Organismus verlassen. Die Stickstoff-haltigen Derivate des Stoffwechsels finden sich im Blut nach Passiren der Lunge noch sämmtlich vor*) und werden vom linken Ventrikel aus durch die Aorta descendens den Nieren übermittelt. Letztere fungiren als secernirende Organe, durch deren Thätigkeit hauptsächlich die N-haltigen Stoffwechselproducte theils unverändert, theils in veränderter Form neben einem Bruchtheil von C-haltigen Bestandtheilen, Salzen und Wasser aus dem Körper entfernt werden.

Das Product der Nierenthätigkeit ist der Harn. Die Erfahrung lehrt, dass Veränderungen in der Nahrung die Eigenschaften des Harns beeinflussen und ebenso, dass der Harn verschiedener Thierklassen eine verschiedene Beschaffenheit zeigt. Es lassen sich daher weder bestimmte Eigenschaften noch eine bestimmte Zusammensetzung für den Harn angeben, sondern nur Grenzen, innerhalb welcher die Bestandtheile etc. unter normalen resp. pathologischen Verhältnissen schwanken.

Allgemeine Eigenschaften. Harnmenge. Die Grösse der mit dem Harn ausgeschiedenen Wassermengen hängt von verschiedenen Factoren ab und zwar hauptsächlich 1. von der Wasserzufuhr. Je mehr die Thiere Wasser aufnehmen in Folge erhöhter Aussentemperatur oder besonderer Fütterungsweise, desto grösser wird auch das durch die Niere gelieferte Harnquantum. Der Procentgehalt an festen Bestandtheilen nimmt dabei ab. Ferner beeinflusst die Menge des Harns 2. die Tageszeit. Während der Nacht findet nach Quincke eine Verminderung der secretorischen Thätigkeit statt. 3. Die Thiergattung, insofern als durch die Niere nicht die gesammte, dem Körper einverleibte Wassermenge ausgeschieden wird, sondern auch die Lunge und die Haut nebst dem Darm an der Wasserausscheidung participiren. Dieses Verhältniss zwischen der mit dem Harn ausgeschiedenen Wassermenge zu der durch die Lungen- und Hautausdünstung in Gasform verausgabten und mit den Fäces entleerten vertheilt sich bei den einzelnen Thierspecies ungefähr wie folgt: Es kommen bei den

Herbivoren 20 pCt. auf den Harn, 80 pCt. auf die Athmung etc.
Omnivoren 60 » » » » 40 » » » » »
Carnivoren 85 » » » » 15 » » » » »

Unter Einwirkung mannigfacher Umstände erleidet diese Relation jedoch verschiedene Aenderungen, so dass die aufgestellte Regel nur im Allgemeinen Geltung beanspruchen kann. Die absoluten in 24 Stunden entleerten Quantitäten betragen durchschnittlich beim Pferd 3—5—10 *l*, bei Rindern 6—10—25 *l*, kleinen Wiederkäuern 0,3—0,9 *l*, Schweinen 1,5—8,0 *l*, Hunden (grösserer Rasse) 0,5—1 *l*, Katzen 0,2—0,3 *l*.

---

*) Die Angaben von Brown-Séquard und d'Arsonval, dass das Exspirationswasser Alkaloid-ähnliche, N-haltige Substanzen von giftiger Wirkung mit sich führe, konnten A. Dastre und Ch. Loye ebensowenig Peters bestätigen.

Specifisches Gewicht. Dasselbe steht im Allgemeinen im umgekehrten Verhältniss zur Harnmenge. Es schwankt beim Pferde zwischen 1016—1060, beim Rind zwischen 1007—1030, bei den kleineren Wiederkäuern zwischen 1006—1015, bei Schweinen zwischen 1003 bis 1025, bei Hunden zwischen 1016—1060, bei Katzen zwischen 1020 bis 1040.

Polarisation. Nach Haas zeigt jeder normale Harn Linksdrehung, die Ablenkung beträgt für eine 10 *cm* lange Schicht 3—10′.

Farbe. Je concentrirter der Harn ist, desto dunkler gefärbt erscheint derselbe. Die Grundfarbe ist gelb; die Nuancen des normalen Harns bezeichnet Vogel als blassgelb, hellgelb, gelb, rothgelb, gelbroth, roth; braunrothe, rothbraune oder braunschwarze Färbung wird in Krankheitsfällen nicht selten beobachtet. Pferdeharn zeichnet sich aus durch die Fähigkeit nachzudunkeln. Nach Verabfolgung von Rhabarber und Senna tritt bei alkalischer Reaction rothgelbe, bei saurer Reaction des Harns grünliche Färbung ein (in Folge von Chrysophansäureausscheidung), welche durch Anwendung reducirender Substanzen zum Verschwinden gebracht werden kann; bei innerlichem resp. äusserlichem Gebrauch von Carbolsäure wird häufig eine schwarzgrüne, nach Santoningebrauch eine grünlich-gelbe Färbung beobachtet.

Geruch. Der Geruch des Harns der verschiedenen Thierspecies macht sich in characteristischer Weise bemerklich. Für die entsprechenden Geruchsempfindungen sind bezeichnende, allgemein acceptirte Adjective nicht vorhanden. Bei dem Menschen erinnert der Geruch des frischen Urins an den verdünnter Fleischbrühe (Loebisch, Salkowski). Der Geruch des Fleischfresser-Urins wird wohl am geeignetsten als lauchartig (knoblauchartig, Salkowski), des Pflanzenfresser-Harns als aromatisch, an Benzoesäure erinnernd, bezeichnet. Bei innerlichem Gebrauch von Terpentinöl nimmt der Harn einen veilchenartigen Geruch an.

Die Temperatur des Harns liegt, unmittelbar nach der Entleerung gemessen, sehr nahe der Temperatur des kleinen Beckens; beim Pferd beträgt dieselbe durchschnittlich 38° C.

Die Reaction erweist sich bei den Fleischfressern und bei hungernden oder auf Milchnahrung angewiesenen Herbivoren als eine saure. Bei letzteren reagirt der Harn nach Aufnahme gewöhnlicher Pflanzenkost, ebenso bei den Omnivoren nach überwiegend vegetabilischer Nahrung in der Regel alkalisch. — Die Frage, auf welche Ursache die Absonderung des sauren Urins bei der notorischen Alkalescenz des Blutes zurückzuführen ist, wird in verschiedener Weise beantwortet. Berücksichtigt man das Factum, dass die saure Reaction in der Regel auf dem Gehalt des Urins an saurem phosphorsaurem Natron, resp. Kali, und sauren harnsauren Alkalien beruht, so könnte man an eine Zersetzung der im Blut vorkommenden kohlensauren und neutralen phosphorsauren Alkalien durch Diffusionsvorgänge in der Niere zu schliessen geneigt sein (Maly). Diese Erklärung reicht indess nicht aus. Denn,

kämen chemische Umsetzung als Folge von Diffusion und Filtration allein in Frage, so müssten sämmtliche Secrete des Thierkörpers sauer reagiren, sobald der Harn saure Reaction zeigt. Vermuthlich wirkt die specifische Energie der Drüsenzellen der Niere in ähnlicher, noch nicht genauer ermittelter Weise, wie die der Magendrüsen bei Secretion des sauren Magensaftes, einen bestimmten niedrigen Grad der Alkalescenz des Blutes vorausgesetzt. Je stärker das Blut alkalisch ist, desto weniger sauer der Harn; bei einem gewissen, numerisch bis jetzt nicht angebbaren Alkalescenzgrade des Blutes wird der Harn alkalisch. Dieses geschieht vor Allem dann, wenn dem Blute soviel Alkali zuströmt, dass die durch den Stoffwechsel entstehenden Säuren vollständig gesättigt sind. Ueber den Alkalescenzgrad des Blutes entscheidet hauptsächlich die Nahrung. Aus dem Eiweiss der Pflanzennahrung bildet sich nach Salkowski zwar Schwefelsäure in gleicher Weise wie aus dem Eiweiss der Fleischnahrung, die Pflanzennahrung enthält aber eine grosse Quantität von Salzen organischer Säuren, welche analog den Vorgängen beim Veraschen, im Körper zu kohlensauren Salzen oxydirt werden. Diese Salze fehlen der Fleischnahrung. An sich ist die Fleischnahrung nicht sauer, aber der Gehalt an Alkali ist nicht hinreichend, um die gesammte aus dem Eiweiss sich bildende Säuremenge zu neutralisiren. Beim Pflanzenfresser strömt hingegen aus den Zellen der Organe, dem Sitz der Oxydation, nicht Säure zu, sondern neutrales Salz resp. ein Ueberschuss von Alkali neben dem neutralen Salz. Dies ist der Grund, weshalb der Pflanzenfresserharn gewöhnlich alkalisch reagirt.

Bestandtheile des Harns.

A. Organische Bestandtheile.

I. N-haltige Körper der regressiven Metamorphose.

Zu diesen Substanzen werden gerechnet: Harnstoff, Harnsäure, Allantoin, Hypoxanthin (Sarkin), Xanthin, Guanin, Kreatin und Kreatinin.

Die genannten Körper entstehen im Organismus durch den Zerfall desjenigen Eiweiss, welches durch Resorption in den Kreislauf gelangt und von Voit als »circulirendes« Eiweiss bezeichnet wird. Das »Organeiweiss« kann als solches der Zersetzung nicht anheimfallen; letzteres muss, wenn es zur Ausscheidung gelangen soll, erst zu circulirendem umgewandelt werden bevor regressive Veränderungen an demselben auftreten. Als nächste Ursache hat man fermentative, durch die vitalen Eigenschaften der Zellen des Organismus bedingte Spaltungen des Eiweissmolecüls anzusehen. Es ist die Quantität dieser N-haltigen Substanzen des Harns gradezu als ein Maass für den Eiweissumsatz des Organismus aufzufassen, da die auf anderem Wege zu Verlust gehenden N-haltigen Bestandtheile gegenüber den durch Harn ausgeschiedenen Quantitäten kaum in Betracht kommen.

a) Harnstoff.

Harnstoff. Urea, $\overset{+}{U}$, Carbamid, CON_2H_4. Constitutionsformel $CO<^{NH_2}_{NH_2}$ wurde 1771 von Rouelle im Harn aufgefunden (Extractum saponaceum Urinae) von Foucroy und Vauquelin 1799 rein gewonnen und benannt. Wöhler stellte 1829 den Harnstoff als die erste organische Verbindung, die im Organismus vorkommt, auf synthetischem Wege dar.

Eigenschaften. Der Harnstoff crystallisirt in langen quadratischen Prismen, bei rascher Crystallisation in feinen weissen Nadeln. Er ist geruchlos, schmeckt bitterlich kühlend, zieht Wasser aus der Luft an, lösst sich leicht unter Temperaturerniedrigung in Wasser, bei 15° in gleichem, bei 100° in jedem Verhältniss, schmilzt, wenn nicht ganz wasserfrei, bei 100°. Reichliche Lösung erfolgt in Alkohol (1 Theil Harnstoff in 5 Theile Alkohol); in reinem Aether und Benzol ist Harnstoff nur in ausserordentlich geringer Menge löslich. Vollständig trockner Harnstoff sublimirt bei 100° unter theilweiser Zersetzung und schmilzt bei 132°. Bei weiterem Erhitzen beginnt die Masse zu schäumen unter Entwickelung von Ammoniak und kohlensaurem Ammonium; schliesslich wird die geschmolzene farblose Masse wieder fest, nachdem sich Cyansäure resp. Cyanursäure gebildet hat. ($3\,CON_2H_4 = C_3O_3N_3H_3 + 3\,NH_3$.) Nebenher, wahrscheinlich als Zwischenproduct, entsteht Cyanmelid, eine in Wasser unlösliche Modification der Cyanursäure $C_3N_3\begin{cases} NH_2 \\ (OH)_2 \end{cases}$ und Biuret (bei 150—170°):

$$2\,CON_2H_4 = CO<^{NH_2}_{NH - CONH_2} + 3\,NH_3$$

Der Harnstoff ist als eine schwache einsäurige Base aufzufassen; weil von den beiden Ammoniakresten in Folge des Einflusses des Carboxylrestes nur noch eins basische Eigenschaften besitzt. Seine wässerige Lösung reagirt neutral, die Salze zeigen meist sauere Reaction. Wie andere Amide, verbindet sich auch Harnstoff mit Metalloxyden und mit Salzen.

Die wichtigsten und für manche Reactionen des Harns wesentlich in Betracht kommenden Verbindungen sind:

Harnstoff-Chlornatrium, $CON_2H_4 \cdot NaCl + H_2O$ scheidet sich in glänzenden rhombischen Prismen aus beim Verdunsten der Lösungen von Harnstoff und Kochsalz. Entsteht beim Eindampfen des Harns von Omnivoren und Carnivoren. Beim Umcrystallisiren zersetzt sich die Verbindung. Bequem findet man die Crystalle schon bei mässiger Vergrösserung im Rückstande eines Tropfens Urin, welchen man auf einem Objectträger bei gewöhnlicher Temperatur verdunsten lässt. — Ebenso crystallisirt Harnstoff mit Chlorammonium und vielen anderen Salzen beim Eindampfen.

Phosphorsaurer Harnstoff, $CON_2H_4 \cdot H_3PO_4$, leicht löslich in Wasser, crystallisirt in grossen, glänzenden, farblosen Crystallen des rhombischen Systems; aus Harnstoff und Phosphorsäure künstlich darstellbar. Von J. Lehmann wurde diese Verbindung beim Abdampfen des Harns von mit Kleie gefütterten Schweinen erhalten.

Oxalsaurer Harnstoff, $(CON_2H_4)_2 \cdot C_2O_4H_2 + H_2O$, entsteht beim Vermischen concentrirter wässriger Lösung von Harnstoff und Oxalsäure. In kaltem Wasser und Alkohol ist derselbe schwer löslich, leichter in heissem Wasser. Crystallisirt in büschelförmig gruppirten, rhombischen und hexagonalen Blättchen.

Uronitrotoluolsäure-Harnstoff, $CON_2H_4 \cdot C_{13}H_{15}NO_9 + 2^1/_2\,H_2O$ von Jaffe aus Hundeharn nach Eingeben von Orthonitrotoluol erhalten. Leicht löslich in Wasser, schwer in Alkohol, in Aether unlöslich.

Salpetersaurer Harnstoff, $CON_2H_4 \cdot HNO_3$ wird gewonnen, wenn man zu einer concentrirten Harnstofflösung (Hundeharn) Salpetersäure zusetzt. Bei langsamer Crystallisation entstehen vorwiegend glänzende rhombische Tafeln oder Prismen mit Winkeln von 82° und zum Theil abgestumpften Ecken. Mitunter beobachtet man Zwillingsformen, welche denen des Gypses ähnlich sind. Erfolgt die Ausscheidung rascher (bei grossem Salpetersäureüberschuss), so bilden sich hauptsächlich sechsseitige, dachziegelartig übereinander geschobene Tafeln In reinem Wasser leicht, in salpetersäurehaltigem Wasser und Alkohol schwer löslich. Die Crystalle sind luftbeständig, zersetzen sich aber schon bei 100°.

Silbernitrat-Harnstoff, $CON_2H_4 \cdot AgNO_3$, in Form grosser, rhombischer Prismen durch vorsichtiges Verdampfen einer Lösung von Harnstoff und Silbernitrat zu erhalten. Bei starkem Eindampfen erstarrt die Masse beim Erkalten zu einem Crystallbrei von cyansaurem Silber $CON_2H_4 \cdot AgNO_3 = NH_4NO_3 + CONAg$.

Quecksilberoxyd-Harnstoff, $CON_2H_4 \cdot HgO$. Diese Verbindung erhält man, wenn frisch gefälltes Quecksilberoxyd in erwärmter Harnstofflösung aufgelöst wird. Aus der filtrirten Flüssigkeit scheiden sich Crystallkrusten von obiger Zusammensetzung ab. Die Verbindung $CON_2H_4 \cdot 2HgO$ entsteht durch Zusatz von salpetersaurem Quecksilberoxyd zu einer alkalischen Harnstofflösung als weisser Niederschlag. Quecksilberchlorid giebt unter gleichen Bedingungen eine gelbe Doppelverbindung:

$(CON_2H_4)_2 \cdot 3HgO$ (Gorup-Besanez).

Salpetersaurer Quecksilberoxyd-Harnstoff. Versetzt man eine Harnstofflösung mit salpetersaurem Quecksilberoxyd, welches nicht zuviel freie Säure enthält, so entsteht ein weisser, flockiger Niederschlag, der je nach der Concentration per Flüssigkeit eine wechselnde Zusammensetzung hat. Nach Liebig können sich bilden:

1. $(CON_2H_4)_2 \cdot Hg_2(NO_3)_4$
2. $(CON_2H_4)_2 \cdot Hg_3(NO_3)_6$
3. $(CON_2H_4)_2 \cdot Hg(NO_3)_2 \cdot 3HgO$

Die letzte Verbindung entsteht neben freier Salpetersäure immer dann, wenn man eine verdünnte Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd in eine gleichfalls verdünnte, höchtens 2procentige Harnstofflösung allmälig eintropfen lässt entsprechend der Gleichung:

$$4Hg(NO_3)_2 + 2CON_2H_4 + 3H_2O = (CON_2H_4)_2 \cdot Hg(NO_3)_2 \cdot 3HgO + 6HNO_3$$

Je nach der Concentration der Harnstofflösung wechselt die Zusammensetzung des Niederschlages. Durch die exacten Untersuchungen Pflüger's ist ermittelt, dass sich um so weniger Harnstoff mit derselben Quecksilbermenge verbindet, je verdünnter die Harnstofflösung in dem Moment ist, wo der Zusatz der Quecksilberlösung und einer neutralisirenden Sodalösung geschieht. Der Zusatz der Sodalösung wird nothwendig, weil der Einfluss der sich bildenden freien Salpetersäure beseitigt werden muss. Daneben bilden sich noch andere an Harnstoff reichere Quecksilbersalze. Mit anderen Worten, die an Quecksilber reicheren Verbindungen entstehen in dem Maasse in reichlicherer Menge und die an Quecksilber ärmeren in geringerer Menge je verdünnter die Harnstofflösung. — Salpetersaures Quecksilberoxyd fällt nicht allein Harnstoff, sondern auch andere im Harn vorkommende N-haltige Substanzen, so insbesondere Kreatinin. Auf diesen Reactionen basirt die Liebig-Pflüger'sche Titrirmethode zur quantitativen Bestimmung des Harnstoffs.

Spaltungs- und Substitutionsproducte. Unter Eintritt von Wasser spaltet sich das Harnstoffmolecül in Kohlensäure und Ammoniak nach der Formel:

$$CON_2H_4 + H_2O = CO_2 + 2NH_3 \quad \text{oder}$$

$$CON_2H_4 + 2H_2O = (NH_4)_2CO_3 = H_2O + CO_2 + 2NH_3$$

Eine derartige »hydrolytische« Zersetzung lässt sich erzielen:

1. Durch Erhitzen einer wässerigen Harnstofflösung im zugeschmolzenen Rohr bei Temperaturen über 120°.

2. Durch Alkalien und Säuren bei höherer Temperatur. Unter Verwendung von Alkalien entwickelt sich nur Ammoniak (CO_2 wird gebunden); concentrirte Säuren binden das sich bildende Ammoniak, während die Kohlensäure unter Aufschäumen entweicht. Hierauf gründet sich die Methode von Heintz und Ragsky (Erhitzen des Harnstoffs mit Säuren) und die von Bunsen (Erhitzen mit Alkalien) zur quantitativen Harnstoffbestimmung. Bei dem Heintz'schen Verfahren wird aus der Menge des gebundenen NH_3, bei dem Bunsen'schen aus der gebundenen CO_2 der Harnstoff berechnet.

3. Durch hydrolytische Fermente. Die Spaltung geschieht in diesem Falle genau in derselben Weise wie vorher angegeben, nur mit dem Unterschiede, dass hier die Lebensthätigkeit von Mikroorganismen die Ursache der Hydrolyse ist.

Durch salpetrige Säure wird Harnstoff beim Erwärmen ebenso wie alle anderen Amide zersetzt:

$$CON_2H_4 + 2\,HNO_2 = CO_2 + 3\,H_2O + 2\,N_2$$

Dieselbe Umsetzung erfolgt glatt unter Einwirkung einer Lösung von unterchlorigsaurem oder unterbromigsaurem Natron bereits ohne Erwärmen

$$CON_2H_4 + 3\,NaOBr = 3\,NaBr + CO_2 + 2\,H_2O + N_2$$

Unterbromigsaures Natron stellt man sich her durch Mischung von Brom mit Natronlauge. Auf dieser Reaction beruht die quantitative Harnstoffbestimmung nach Knop-Hüfner.

Alkohole bewirken bei ihrer Gegenwart in einer Harnstoff- oder besser salpetersauren Harnstofflösung unter Temperaturen von 100—150° die Bildung von Carbaminsäureäthern, Urethanen genannt. Am bekanntesten ist das Aethylurethan, schlechthin als Urethan bezeichnet, $CO{<}^{NH_2}_{OC_2H_5}$, welches therapeutisch auf Vorschlag von Schmiedeberg als Hypnoticum Verwendung gefunden hat.

Darstellung. Aus dem Harn wird der Harnstoff gewöhnlich durch Salpetersäure oder Oxalsäure ausgefällt. Man verdampft zunächst den Harn zu einem dünnen Syrup und fügt nach dem Erkalten (Abkühlen auf 0°) die Säure hinzu. Das ausgeschiedene braungefärbte Salz wird zur Reinigung wiederholt aus etwas verdünnter Säure umcrystallisirt. Hierauf löst man das Salz in Wasser, erwärmt mit Baryumcarbonat, verdunstet das Filtrat zur Trockne und entzieht dem Rückstand den Harnstoff mittelst kalten Alkohols.

Synthetisch kann man den Harnstoff auf verschiedene Weise herstellen. Die historisch bemerkenswerthe, von Wöhler entdeckte Methode beruht auf Umwandlung des cyansauren Ammonium beim Erhitzen:

$$CO \cdot N(NH_4) = CO{<}^{NH_2}_{NH_2}$$

Man verdampft ein Gemenge der wässrigen Lösungen von cyansaurem Kali und Ammoniumsulfat in aequivalenten Mengen; aus der concentrirten Lösung crystallisirt beim Erkalten Kaliumsulfat. Dasselbe wird abfiltrit, die Lösung verdampft und dem Rückstand der Harnstoff durch heissen Alkohol entzogen. Als practisch empfiehlt sich folgendes Verfahren: 28 Theile wasserfreies gelbes Blutlaugensalz werden mit 14 Theile Braunstein (MnO_2) geschmolzen (Wöhler verwendete 8 Theile Ferrocyankalium, 3 Theile Pottasche, 14 Theile Mennige); die Schmelze, das gebildete cyansaure Kali enthaltend, wird in Wasser gelöst, 20½ Theile Ammoniumsulfat (Wöhler 6 Theile) hinzugefügt, wodurch schwefelsaures Kali und Ammoniumcyanat entsteht. Zur Trockne verdampft, nimmt man den Rückstand mit heissem Alkohol auf, aus

welchem Harnstoff auscrystallisirt. Durch Umcrystallisiren aus starkem Alkohol wird derselbe gereinigt. Harnstoff bildet sich ferner analog der Bildung niederer Amide beim Erhitzen von Chlorkohlenoxyd mit Ammoniak in zugeschmolzenen Röhren:

$$COCl_2 + 2NH = CON_2H_4 + HCl;$$

beim Erhitzen von Kohlensäureäthyläther, ebenso auch anderer Kohlensäureäther und Carbaminsäureäther mit Ammoniak auf 180°:

$$CO < \begin{matrix} OC_2H_5 \\ OC_2H_5 \end{matrix} + 2NH_3 = CO < \begin{matrix} NH_2 \\ NH_2 \end{matrix} + 2C_2H_5OH$$

ferner aus carbaminsaurem Ammonium beim Erhitzen mit absolutem Alkohol auf 140° oder durch Electrolyse mit Wechselströmen bei gewöhnlicher Temperatur durch Wasserabgabe und aus Cyanamid durch Wasseraufnahme. Die Wasserabspaltung vollzieht sich nach Drechsel's Annahme in zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Reactionen, einer Oxydation und einer Reduction:

$$\text{I. } CO < \begin{matrix} NH_2 \\ O \cdot NH_4 \end{matrix} + O = CO < \begin{matrix} NH_2 \\ O \cdot NH_2 \end{matrix} + H_2O$$

$$\text{II. } CO < \begin{matrix} NH_2 \\ O \cdot NH_2 \end{matrix} + H_2 = CO < \begin{matrix} NH_2 \\ NH_2 \end{matrix} + H_2O$$

v. Schröder nimmt directen Wasseraustritt bei der Harnstoffbildung aus carbaminsaurem Ammonium an.

Als Zersetzungsproduct anderer Körper, wie Harnsäure und deren Abkömmlinge, Guanidin u. s. w., ist Harnstoff ebenfalls nachgewiesen

Nachweis. Die beste hisher bekannte Methode zur quantitativen Bestimmung des Harnstoffs im Harn dürfte die von Pflüger-Bleibtreu sein. Dieselbe besteht im Wesentlichen darin, dass nach Fällung der »Extractivstoffe« mit Phosphorwolframsäure-Salzsäuremischung, Filtration, Neutralisation des Filtrates mit Kalkpulver, abermaliger Filtration die abfiltrirte Flüssigkeit mit Phosphorsäurekrystallen bei einer Temperatur von 230—260° drei Stunden lang erhitzt wird. Hierbei zersetzt sich der Harnstoff vollständig, während die anderen N-haltigen Körper, welche sich neben Harnstoff etwa noch in der Flüssigkeit befinden, kein Ammoniak abspalten. Das an Phosphorsaure gebundene Ammoniak destillirt man nach Zusatz von Natronlauge ab und bestimmt dasselbe titrimetrisch.

Entstehung. Eine directe Umwandlung des Eiweiss in Harnstoff, ausserhalb des Organismus, ist bisher, trotz der mit den verschiedensten Methoden angestellten Versuche noch nicht gelungen. Die hierauf bezüglichen Untersuchungen wurden in der Hoffnung unternommen, die Art und Weise kennen zu lernen, wie sich der Harnstoff aus dem Eiweiss bildet. Obwohl etwas sicheres über den Modus der Harnstoffbildung somit nicht bekannt ist, sind dennoch eine Anzahl hierauf bezüglicher Theorien vorhanden, die eine mehr oder minder grosse Wahrscheinlichkeit für sich haben. Nach Schultzen und Nencki soll das Eiweiss im Körper in Amidosäuren zerfallen, und diese direct in Harnstoff übergehen. Bei Einwirkung concentrirter Säuren und Alkalien und bemerkenswerther Weise auch von Trypsin auf Eiweiss erhält man nämlich Leucin (Amidocapronsäure), Asparaginsäure (Amidobernsteinsäure), neben Tyrosin (Paroxyphenylamidopropionsäure). Auch leimgebende Substanzen liefern Leucin und Glycocoll (Amidoessigsäure). Fütterungsversuche mit Leucin, Glycocoll und Asparaginsäure ergaben eine Vermehrung des Harnstoffes im Urin. An der Thatsache, dass Eiweiss im Organismus unter Bildung von Amidosäuren zerfällt und diese in Harnstoff übergehen, ist somit

nicht zu zweifeln. Quantitative Untersuchungen stellten jedoch die Unmöglichkeit fest, dass aller Harnstoff auf diese Weise seine Entstehung finden kann. In zweiter Linie verdient Erwähnung die Anhydridtheorie von Schmiedeberg: Der Stickstoff des Eiweiss tritt als kohlensaures Ammonium aus; dieses geht direct unter Abgabe von Wasser in Harnstoff über. Auch diese Theorie stützt sich auf Umsetzungen des Eiweiss, die ausserhalb des Organismus bewirkt werden können und zwar durch Einwirkung von Fäulnissfermenten und Baryumhydrat. E. Salkowski will dieser Theorie eine allgemeine Geltung deshalb nicht einräumen, weil eine Umwandlung von Ammoniumsalzen in Harnstoff bisher nur für Pflanzenfresser (Kaninchen) erwiesen sei, da beim Fleischfresser die Ammoniumverbindung unter gewöhnlichen Verhältnissen so gut wie keinen Einfluss auf die Vermehrung des Harnstoffes im Urin ausüben sollen. Schmiedeberg, Feder, E. Voit und v. Schröder stellten jedoch eine derartige Umwandlung von kohlensaurem Ammonium auch für den Fleischfresser unzweifelhaft fest. Von weiteren Hypothesen ist anzuführen drittens die Cyansäuretheorie von E. Salkowski. Unter der Voraussetzung, dass bei der Zersetzung von Eiweiss Cyansäure auftritt, erklärt E. Salkowski die Bildung des Harnstoffs aus der Einwirkung zweier Cyansäuremolecüle in statu nascendi, ein Vorgang, der ausserhalb des Organismus noch nicht nachgewiesen ist. Weil ferner das Auftreten von Cyansäure im Organismus von S. nur auf indirectem Wege erschlossen wurde, kann diese Erklärung der Harnstoffbildung keinen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit beanspruchen. Viertens die Carbaminsäuretheorie von Drechsel. Diese Theorie fusst auf derjenigen von Schultzen und Nencki und steht und fällt mit dieser. Bei der Oyydation von Leucin, Tyrosin und Glycocoll in alkalischer Lösung beobachtete D. die Bildung von Carbaminsäure, aus welcher sich nach Analogie der bereits oben erwähnten Reaction durch Einwirkung zweier Molecüle Carbaminsäure auf einander, Harnstoff unter Austritt von CO_2 und H_2O bilden könnte. Eine ältere durch Versuche von Wöhler, Frerichs, Neubauer u. A. gestützte Theorie lässt den Harnstoff im Organismus als Endoxydationsproduct aus jenen N-haltigen Substanzen hervorgehen, welche neben Harnstoff in relativ geringen Mengen im Harn erscheinen, und deren Vorkommen durch eine nicht ganz vollständige Oxydation des Gesammtquantums dieser Vorstufen des Harnstoffs erklärt wird.

Der Zerfall der Eiweissmolecüle geht nach den bisherigen Anschauungen in den Geweben des gesammten Körpers vor sich; es ist aber auch die weitergehende Annahme einer Umwandlung der Zwischenproducte in Harnstoff vielleicht durch gleichzeitige Betheiligung mehrerer der angegebenen Processe an denselben Stellen aus dem Grunde berechtigt, weil nach Nierenexstirpation die Harnstoffbildung nicht aufhört Das Maass für die Betheiligung an Harnstoffbildung wird für die verschiedenen Gewebe indess nicht als ein gleiches anzusehen sein. Einzelne Organe, die Leber z. B. produciren unzweifelhaft relativ grössere

Quantitäten als die übrigen. Als Stütze für diese Annahme dient einmal der absolut grössere Harnstoffgehalt der Leber dem Blut gegenüber, ferner die von Frerichs bei acuter gelber Leberatrophie constatirte Abnahme des Harnstoffs im Urin bei Zunahme von Leucin; ja die v. Schröder'schen Versuche legen die Vermuthung nahe, dass die Leber als die Hauptbildungsstätte des Harnstoffs fungirt. Blut hungernder Hunde nach Zusatz von kohlensaurem, carbaminsaurem oder ameisensaurem Ammonium oder Blut von in der Verdauung befindlichen Thieren durch eine ausgeschnittene Hundeleber geleitet, enthält nach der Durchströmung mehr Harnstoff als vorher. Beim Durchleiten des Blutes durch eine Niere oder durch Muskelgewebe war eine derartige Vermehrung nicht nachzuweisen. Durchströmungsversuche bei nephrotomirten Hunden ergaben schon nach 50—60 Minuten eine Steigerung des Harnstoffgehalts des ursprünglich Ammoniumsalze haltigen Blutes um 78—101 pCt.

b) Harnsäure.

Harnsäure. Acidum uricum, $\tilde{U}$, ($C_5H_4N_4O_3$). Constitutionsformel*) (von Medicus):

```
          NH—C—HN
        /    ||     \
CO <         C—HN  —> CO
        \    |
          NH—CO
```

Moleculargewicht 168, N-Gehalt = 33,33 pCt. Die Harnsäure, von Scheele 1776 entdeckt, erscheint im reinen Zustand als ein weisses, leichtes, geruch- und geschmackloses Crystallpulver oder in Form von crystallinischen Schüppchen, welche in Alkohol und Aether unlöslich, in kaltem Wasser in minimalsten Spuren, in heissem Wasser schwer löslich (1 : 1800) sind. Zusatz von concentrirter Schwefelsäure bewirkt sofortige Lösung unter Bildung einer beim Erkalten crystallisirenden, durch Wasser zersetzbaren Verbindung $C_5H_4N_4O_3 + 2H_2SO_4$, weshalb man nach Verdünnung mit Wasser die Harnsäure unverändert als Niederschlag erhält. Die wässerige Lösung reagirt sauer. Der Säurecharacter documentirt sich weiterhin auch durch Bildung von Salzen, und zwar sind sowohl neutrale als saure Salze bekannt. Erstere entstehen unter Einwirkung von Natrium- resp. Kaliumhydrat: $C_5H_4N_4O_3 + 2NaHO = C_5H_2Na_2N_4O_3 + H_2O$, letztere bei Anwesenheit von secundärem Alkalicarbonat resp. Phosphat: $C_5H_4N_4O_3 + Na_2HPO_4 = C_5H_3NaN_4O_3 + NaH_2PO_4$. Von den Ammoniumverbindungen ist nur das primäre Ammoniumurat bekannt. Lösungen der sauren Salze reagiren ebenfalls sauer. Aus allen diesen Lösungen fällt die Harnsäure auf Zusatz von genügend grossen Säuremengen wieder aus. Ist die Säure nicht ausreichend, so entsteht eine weissliche Trübung, verursacht durch saures harnsaures Salz. Auch wenn die Menge der Säure an sich genügt, ist die Umsetzung in der Kälte oft unvollständig und wird erst vollständig beim Erhitzen. Dies geschieht z. B. öfters bei harnsäurereichem Harn. Solche Harne geben dann bei Zusatz von Salpetersäure eine milchige Trübung, die sich beim Erwärmen löst; bei längerem Stehen scheidet sich allmälig Harnsäure ab (E. Salkowski).

Vorkommen. Die Harnsäure findet sich in geringer Menge im Harn des Menschen,

*) Die Auffassung der Harnsäure als Acrylsäurediureid oder Cyansäure-Hydantoin-Derivat findet ihre Bestätigung durch die Synthese aus Trichlormilchsäureamid resp. Trichlormilchsäure und Harnstoff.

der Fleischfresser, in Spuren im Harn der Schweine und der Pflanzenfresser, sehr reichlich in den Excrementen der Vögel (Guano). Nicht selten tritt freie Harnsäure im menschlichen Harn in fester Form beim Erkalten als Sediment auf. Sie stellt dann ein sandiges, schweres, in der Regel orangefarbiges, crystallinisches Pulver dar, welches nebenbei saures harnsaures Natron und Kali enthält (Sedimentum lateritium). Die in den Fascien, Sehnen, Knorpeln bei Arthritis urica vorkommenden Concretionen bestehen vorwiegend aus harnsaurem Kali und Natron. Normal findet sich Harnsäure im Blut und den Organen, insbesondere der Vögel; nach Unterbindung der Ureteren ermittelte Colasanti in den Geweben harnsaures Natrium, Ammonium, Natriumurat und harnsaures Magnesium. Im Blute der Säuger, speciell beim Menschen, wurde Harnsäure nur unter pathologischen Verhältnissen gefunden (Arthritis, Leucaemie, Pneumonie). Unter normalen Verhältnissen sind Spuren in den Muskeln, dem Gehirn, der Leber und Milz nachgewiesen.

Darstellung. Zur Gewinnung grösserer Quantitäten eignen sich besonders Schlangenexcremente. Künstlich dargestellt wurde Harnsäure von Horbaczewski durch Zusammenschmelzen von Glycocoll und Harnstoff in dem Verhältniss von 1 : 7 bis 15; etwas geringere Ausbeute lieferte Trichlormilchsäure und Harnstoff. Nach Behrend und Roosen giebt Isobarbitursäure ($C_4H_4N_2O_3$) nach Oxydation mit Brom, wobei Isodialursäure entsteht ($C_4H_4N_2O_5$), durch Condensation mit alkoholischer Harnstofflösung ebenfalls Harnsäure.

Nachweis. Um Harnsäure in Sedimenten zu erkennen, kann man, abgesehen von der mikroskopischen Untersuchung, folgende Methoden benutzen. 1. Man übergiesse die auf der Unterfläche eines Tiegeldeckels befindliche Masse mit einigen Tropfen Salpetersäure und wärme vorsichtig an, bis zur vollständigen Verdampfung der Salpetersäure. Bei Anwesenheit von Harnsäure färbt sich der Rückstand gelb resp. orange. Nach dem Erkalten Aetzammoniak oder Aetznatron zugesetzt (betupfen mit Glasstab) wird die gelbe Masse purpurroth oder violett. Die Färbung wird beim Erwärmen der Lösung blasser und verschwindet noch vor vollständigem Eintrocknen vollständig (Unterschied von Xanthinverbindungen). Dies Verfahren bezeichnet man als Murexidprobe wegen des hierbei entstehenden purpursauren Ammonium resp. Natron $C_8H_4N_5O_6$ (NH_4), Murexid genannt. 2. Mit salpetersaurem Silber getränktes und getrocknetes Fliesspapier wird mit der nach Zusatz von Kali- oder Natronlauge erhaltenen Lösung des zu untersuchenden Pulvers benetzt, wonach sofort braune oder schwarze Flecke von reducirtem Silber entstehen. Andere Silber reducirende Substanzen müssen natürlich ausgeschlossen sein, wenn die Reaction beweisend sein soll (Schiff'sche Reaction). 3. Auf Zusatz von Fehling'scher Kupferlösung zu der in Lauge gelösten Masse scheidet sich ein gelbrother Niederschlag von Kupferoxydul nach dem Erhitzen ab. War die zugesetzte Quantität der Fehling'schen Lösung zu gering, so bildet sich weisses harnsaures Kupferoxydul. 4. Eine Lösung von Harnsäure in Alkali giebt mit Chlorammonium einen gelatinösen Niederschlag von harnsaurem Ammoniak.

In Flüssigkeiten, insbesondere im Säugethierharn, wo es sich vielfach um die quantitative Bestimmung handelt, verfährt man zur Erreichung dieses Zweckes wie folgt: 250 *ccm* Harn werden mit 50 *ccm* ammoniakalischer Magnesiamischung versetzt (1 Theil crystallisirte schwefelsaure Magnesia, 2 Theile Salmiak, 4 Theile Ammoniak von 0,924 specifischem Gewicht, 8 Theile Wasser) sofort filtrirt, vom Filtrat 240 *ccm* = 200 *ccm* Harn abgemessen und mit einer etwa dreiprocentigen Lösung von salpetersaurem Silber gefällt; es entsteht ein flockiger gelatinöser Niederschlag, der leicht von anfangs entstehendem und beim Umrühren verschwindendem Chlorsilber zu unterscheiden ist. Man filtritrit sofort durch ein Faltenfilter und wäscht mit Wasser nach, bis das abfliessende Waschwasser mit Salpetersäure keine Spur von

Trübung mehr giebt. Der vom Filter sorgfältig abgespritzte Niederschlag gelangt in einen weithalsigen Kolben eventuell inclusive Papier; nach Zusatz von 200 *ccm* Wasser leitet man H_2S in kräftigem Strome unter häufigem Umschütteln hindurch, darauf wird bis zum beginnenden Sieden erhitzt. Nach Zusatz einiger Tropfen Salzsäure bis zur deutlich sauren Reaction wird wiederum durch ein Faltenfilter filtrirt und mit heissem Wasser nachgewaschen. Das Filtrat dampft man schnell ein, fügt etwas HCl hinzu und sammelt den nach 24 Stunden in der Kälte ausgeschiedenen Niederschlag auf gewogenem Filter, wäscht zuerst mit Wasser, dann mit Alkohol, schliesslich mit absolutem Alkohol und Aether. Das Waschwasser wird für sich gesammelt, gemessen und für je 10 *ccm* 0,48 *mg* Harnsäure hinzuaddirt. Sehr concentrirte Harne sind bei Anwendung dieser Methode auf das Doppelte zu verdünnen. Das Verfahren muss, um genaue Resultate zu erhalten, in allen einzelnen Phasen möglichst rasch durchgeführt und beendet werden. Auf Grund der Erfahrungen Salkowski's ist von E. Ludwig ein etwas modificirtes Verfahren zur Harnsäurebestimmung angegeben worden, welches in mancher Beziehung ein bequemes Arbeiten ermöglicht. Anstatt des H_2S wird in diesem Falle eine frisch bereitete Natriumsulfidlösung zur Zersetzung des harnsauren Silbers verwendet. Neuerdings wird eine von Focker angegebene Modification der Salkowski'schen Methode mit Vorliebe benutzt. 200 *ccm* Harn werden mit 10 *ccm* conc. Sodalösung und 20 *ccm* conc. Salmiaklösung gefällt, der Niederschlag mit 30 *ccm* Wasser ausgewaschen, getrocknet, gewogen, und als Correction für das beim Waschen Gelöste 0,03 zugezählt. Die ältere Methode von Heintz, durch directe Fällung mittelst HCl und Wägen die Harnsäure zu ermitteln, findet kaum noch zur quantitativen Bestimmung Verwendung, da sich durch vergleichende Untersuchungen von Salkowski und Maly ergeben, dass die Löslichkeit der Harnsäure in salzsäurehaltigem und destillirtem Wasser eine genaue Ausfällung derselben vereitelt. Das Princip der Methode von Haycraft besteht darin, die Harnsäure durch ammoniakalische Silberlösung auszufällen und in dem in Salpetersäure gelösten Niederschlage das Silber nach Volhard zu titriren. Durch gleichzeitigen Zusatz von doppelt-kohlensaurem Natron zum Harn wird einer Reduction des Silbers durch die Harnsäure vorgebeugt; phosphorsaures- und Chlorsilber bleiben in dem Ammonium gelöst. Dieses Verfahren ergiebt im Allgemeinen zu hohe Werthe.

Derivate. Beim Erhitzen zersetzt sich Harnsäure leicht; es entstehen hierbei Harnstoff, Cyanursäure, Blausäure und kohlensaures Ammonium. — Mit concentrirter Jodwasserstoffsäure auf 160—170° in zugeschmolzenem Rohr erhitzt, spaltet sie sich unter Aufnahme von Wasser in Kohlensäure, Ammoniak und Glycocoll (Strecker).

$$\underset{\text{Harnsäure}}{C_5H_4N_4O_3} + 5\,H_2O + 3\,HJ = \underset{\text{Glycocoll}}{CH_2(NH_2)COOH} + 3\,CO_2 + 3\,(NH_4)J.$$

Durch gemässigte Oxydation (Eintragen von Harnsäure in kalte Salpetersäure oder Einwirkung von Chlorsäure) zerfällt sie in Harnstoff und Alloxan (Mesoxalylharnstoff).

$$\underset{\text{Harnsäure}}{C_5H_4N_4O_3} + O + H_2O = \underset{\text{Harnstoff}}{CO <\begin{matrix} NH_2 \\ NH_2 \end{matrix}} + \underset{\text{Mesoxalylharnstoff.}}{CO <\begin{matrix} NH \cdot CO \\ NH \cdot CO \end{matrix}> CO.}$$

Durch weitere Oxydation in Folge von Erwärmung der mit mässig starker Salpetersäure versetzten Harnsäure geht das Alloxan in Oxalylharnstoff (Parabansäure) und Kohlensäure über:

$$\underset{\text{Mesoxalylharnstoff}}{CO <\begin{matrix} NH \cdot CO \\ NH \cdot CO \end{matrix}> CO} + O = \underset{\text{Oxalylharnstoff}}{CO <\begin{matrix} NH \cdot CO \\ | \\ NH \cdot CO \end{matrix}} + CO_2$$

Alloxan und Parabansäure sind im Organismus bisher noch nicht nachgewiesen, wohl

aber ein Körper, der aus Parabansäure unter Wasseraufnahme entsteht, nämlich Oxalursäure:

$$CO\begin{matrix}\diagup NH \cdot CO \\ \diagdown NH \cdot CO\end{matrix} + H_2O = \begin{matrix} CO - HN \diagdown \\ COOH \quad H_2N \diagup \end{matrix} CO$$

Oxalylharnstoff Oxalursäure

Letztere zerfällt durch hydrolytische Einwirkungen sehr leicht in Oxalsäure und Harnstoff:

$$\begin{matrix} CONH \cdot CONH_2 \\ | \\ COOH \end{matrix} + H_2O = \begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + CO\begin{matrix}\diagup NH_2 \\ \diagdown NH_2\end{matrix}$$

Oxalursäure Oxalsäure Harnstoff

In neutraler oder alkalischer Lösung entsteht aus der Harnsäure durch Einwirkung von Ozon, Metalloxyden (Kupferoxyd, Silberoxyd, Bleisuperoxyd, Braunstein), von Ferricyankalium, ohne Erwärmen durch Kaliumpermanganat unter Kohlensäureentwickelung Allantoin:

$$C_5H_4N_4O_3 + H_2O + O = CO_2 + C_4H_6N_4O_3$$

Harnsäure Allantoin

Allantoin bildet ebenfalls einen Bestandtheil mancher Säugethierharne (cf. unten). Seiner Constitution wegen wird es auch als Glyoxyldicarbamid

$$CO\begin{matrix}\diagup NH - CH - NH \diagdown \\ \diagdown NH - CO \quad NH_2 \diagup\end{matrix} CO$$

bezeichnet.

Ueber die Provenienz der Harnsäure im Säugethierorganismus ist nichts Sicheres bekannt. Vermuthlich entsteht dieser Körper ebenfalls durch fermentative Abspaltung aus Eiweiss, zum Theil wahrscheinlich auch durch Oxydation des aus Nucleinen stammenden Hypoxanthin. Eine directe Darstellung aus Eiweiss ausserhalb des Organismus gelang bisher nicht. Im Organismus der Vögel beruht die Entstehung nicht auf einer Abspaltung aus Eiweiss, sondern auf einer durch die Zellthätigkeit vermittelten Synthese. Hierfür spricht die Umwandlung des verfütterten Harnstoffs in Harnsäure. Da das Harnsäuremolecül eine complicirtere Verbindung als der Harnstoff darstellt, so kann die Umwandlung nur durch synthetische Processe herbeigeführt sein. Rücksichtlich des Ortes der Entstehung der Harnsäure ist es für die Vögel als feststehend zu erachten, dass dieselbe sich in den Geweben bildet und nicht in der Niere. denn nach Nierenexstirpation fand Schröder in Herz und Lunge relativ hohe Quantitäten (bis zu 0,25 pCt. der Organe), während in den normalen Organen Harnsäure sieh überhaupt nicht nachweisen liess. Von Minkowski an Gänsen ausgeführte Leberexstirpationsversuche gestatten einen ähnlichen Schluss für die Harnsäurebildung bei Vögeln, wie die bei Hunden ausgeführten v. Schröder'schen Untersuchungen bezüglich der Harnstoffbildung. Die Harnsäureausführung sank innerhalb 12 Stunden nach Ausführung der Operation von 4,2—4,5 *g* auf 0,05—0,025 *g*, also auf $^1/_{20}$—$^1/_{30}$ der ursprünglichen Menge; dagegen enthielt der abgesetzte Harn bedeutend reichlicher Ammoniumverbindungen (wahrscheinlich fleischmilchsaures Ammon). v. Mach fütterte Hühner, deren Harnsäureausscheidung constant war, mit 1 und 1,2 *g*

Hypoxanthin in Dosen von 0,2 *g* und constatirte eine Vermehrung der Harnsäuresecretion von 1,2—1,3 auf 2,0 und im zweiten Versuch von 0,78 auf 1,54 *g*. Demnach ist Hypoxanthin eine jener Substanzen, welche im Organismus der Vögel Harnsäure liefert und zwar durch Oxydation; diese Umwandlung ist keine Function der Leber. Experimentelle Untersuchungen über den Ort der Harnsäurebildung im Organismus der Säuger liegen nicht vor. Einige Beobachtungen von Ranke (Steigerung der Harnsäuremenge bei Milztumor) weisen darauf hin, dass bei Säugern die Milz an der Bildung der Harnsäure in hervorragendem Maasse betheiligt ist. Die im Harn erscheinende Harnsäure darf nicht als das Gesammtquantum der überhaupt gebildeten angesehen werden, da anscheinend ein nicht unerheblicher Theil durch weitere Oxydation verändert wird.

Allantoin im Harn von Saugkälbern constant, in dem der Hunde mitunter vorkommend, ist als directer Abkömmling der Harnsäure zu betrachten, da nach Verfütterung von Harnsäure an Hunde Allantoin in entsprechender Menge im Harn erscheint.

Zur Bestimmung des Allantoin im Harn, muss dasselbe rein dargestellt werden, da characteristische Reactionen nicht bekannt sind. Es crystallisirt in farblosen monoklinen Prismen, welche sich in 160 Theilen Wasser, leichter in Alkohol lösen. Durch Quecksilberchlorid wird es nicht gefällt, wohl aber durch salpetersaures Quecksilberoxyd, so dass bei Gegenwart von Allantoin im Harn die Liebig'sche Methode der Harnstoffbestimmung fehlerhafte Resultate ergiebt.

c) Xanthin-Körper.

Die Xanthinverbindungen unterscheiden sich von der Harnsäure durch ihren geringeren O-Gehalt. Im Harn sind bisher nachgewiesen Xanthin $C_5H_4N_4O_2$ und einige Methylderivate desselben, Hypoxanthin (Sarkin) $C_5H_4N_4O$ und Guanin (Imidoxanthin) $C_5H_4N_4O \cdot NH$. Das Guanin enthält ebenso wie das Kreatin und Kreatinin einen zweiwerthigen Guadininrest $C(NH) \genfrac{}{}{0pt}{}{<NH}{<NH}$ und zerfällt durch Oxydation in Guanidin (Imidoharnstoff), Parabansäure und Kohlensäure.

$$\underset{\text{Guanin}}{C_5H_5N_5O} + 3\,O + H_2O = \underset{\text{Guanidin}}{C(NH) \genfrac{}{}{0pt}{}{<NH_2}{<NH_2}} + \underset{\text{Parabansäure}}{C_3O_3N_2H_2} + CO_2$$

In ca. 8 pCt. Schwefelsäure gelöst und salpetrigsaures Natron unter Umschütteln zugesetzt, geht Guanin in Xanthin über. Letzteres giebt mit Salzsäure und chlorsaurem Kali erwärmt Harnstoff und Alloxan. Auf Grund dieser Reactionen lassen sich die Constitutionsformeln, welche gleichzeitig die nahen Beziehungen zur Harnsäure erkennen lassen, schreiben:

```
      / NH—C= N \                      / NH—C = N \
     /     |     > CO                 /     |      > C
CO <       C · HN /              CO <       C  HN /
     \     ||                         \     ||
      \ NH—CH                          \ NH—CH
        Xanthin                          Hypoxanthin

                 / NH—C = N \
                /     |      > C · NH
          CO <        C—HN /
                \     ||
                 \ NH—CH
                   Guanin
```

Die von Strecker und Rheineck gemachte Angabe, dass Xanthin und Hypoxanthin durch Reduction aus Harnsäure gewonnen werden können, fanden Rochleder und Hlasiwetz nicht bestätigt.

In dem aus menschlichen Harn dargestellten rohen Xanthin fand G. Salomon noch zwei weitere Xanthinkörper, das Heteroxanthin (Methylxanthin) $C_6H_6N_4O_2$ und Paraxanthin (Dimethylxanthin) $C_7H_8N_4O_2$. Die vermuthete Identität der letzteren Substanz mit Theobromin bleibt trotz der Uebereinstimmung in der Zusammensetzung noch fraglich. Gautier stellte Xanthin und Methylxanthin synthetisch dar durch Erhitzen von wässriger Blausäure bei Anwesenheit von Essigsäure.

Eigenschaften. Reines Xanthin bildet ein weisses, kreideähnliches Pulver oder harte, weisse Stücke, welche beim Reiben Wachsglanz annehmen. Zuweilen bildet es im Harn Sedimente, sehr selten Harnsteine. Unlöslich in Alkohol, wird es durch kaltes Wasser sehr schwer, durch heisses etwas leichter, durch Alkalien und Säuren leicht gelöst. In HNO_3 gelöst, färbt sich der Rückstand nach dem Verdampfen gelb, auf Zusatz von Kalilauge ziegelroth. Ausser im Harn kommt es auch in den parenchymatösen Organen vor in Verbindung mit Hypoxanthin. Letzteres crystallisirt in farblosen, mikroskopischen Blättchen und verhält sich im Allgemeinen wie Xanthin. Mit rauchender Salpetersäure eingedampft, löst es sich in Kalilauge mit braungelber Farbe. Mit gewöhnlicher Salpetersäure erhält man die Reaction nicht, wenn auf dem Wasserbade abgedampft wird.

Guanin, ebenfalls ein kreideähnliches Pulver, unterscheidet sich vom Xanthin und Hypoxanthin dadurch, dass es aus sauren Lösungen mittelst Kaliumbichromat, Ferricyankalium und Pikrinsäure gefällt wird. Bei Schweinen ist es von Virchow im Kniegelenk (Guaningicht) gefunden worden. Der Guano enthält ca. 1 pCt. Guanin.

Bei Entstehung dieser Substanzen spielen fermentative Processe nachgewiesenermassen ausschliesslich eine Rolle. Salomon gelang es, Hypoxanthin und Xanthin als regelmässiges Product der Pankreas- und Magenverdauung von Fibrin aufzufinden; ebenso bei hydrolytischer Einwirkung von Säuren. Durch Kossel wurde ermittelt, dass die bei der Fermentation der Eiweisssubstanzen auftretenden Hypoxanthinmengen auf das im Eiweiss enthaltene Nuclein zu beziehen seien, denn je mehr Nuclein im Eiweiss, desto grösser die Ausbeute an Hypoxanthin. Schulze und Bosshardt stellten Xanthinverbindungen aus jungem Gras, Klee und keimenden Erbsen dar; ihre Präexistenz in den Pflanzen ist damit indessen noch nicht erwiesen. Im Blut des lebenden Organismus finden sich Xanthinverbindungen fast niemals, im cadaverösen Blut constant. Salomon zieht hieraus den Schluss, dass es im Blut fortdauernd verschwindet, wahrscheinlich durch Oxydation. Die kleinen Mengen von Xanthinkörpern im Harn, zu denen auch das Guanin zu rechnen ist, wären demnach als Reste anzusehen, welche dem Oxydationsprocesse entgingen.

d) Kreatin und Kreatinin.

Das Kreatin (Methylguanidinessigsäure)

$$C_4H_9N_3O_2 \text{ oder } C(NH) < \begin{matrix} NH_2 \\ N(CH_3) - CH_2 - COOH \end{matrix}$$

wurde 1835 von Chevreul in der Fleischbrühe entdeckt, von Volhard durch Er-

hitzen von Cyanamid und Sarkosin (Methylamidoessigsäure) in wässriger Lösung synthetisch dargestellt. Es findet sich in den Muskeln und im Blut. In saurem Harn ist es nicht vertreten, in alkalischem scheint es neben Kreatinin in wechselnden Mengen vorzukommen. Das Kreatin crystallisirt in farblosen rhombischen Prismen, welche in Aether unlöslich sind und beim trocknen Erhitzen weiss werden. In wässriger Lösung wandelt es sich schon beim Abdampfen theilweise, beim Kochen mit Säuren vollständig in das Anhydrid des Kreatin um, in Kreatinin $C_4H_7N_3O$. Seiner Constitution nach ist dasselbe Methylguanidinglycolyl.

$$C(NH) \begin{cases} NH - CO \\ N(CH_3) - CH_2 \end{cases}$$

Horbaczewski erhielt es synthetisch durch Zusammenschmelzen von Guanidincarbonat mit Sarkosin unter Austritt von Wasser und Ammoniak. Bei längerem Stehen in mit Alkali versetzter Lösung geht das Kreatinin unter Wasseraufnahme wieder in Kreatin über. Ammoniakalisch zersetzter Harn giebt trotzdem constant die Weyl'sche Reaction, welche für Körper mit der Gruppe — CO — CH_2 — (Kreatinin, Hydantoine) characteristisch ist (Guareschi). Rein dargestellt zeigen die stark glänzenden rhombischen Säulen in wässriger Lösung nicht starke, sondern schwache alkalische Reaction, andernfalls ist dasselbe durch anorganische Basen verunreinigt. Chlorzink fällt das Kreatinin als crystallinisches Kreatininchlorzink $(C_4H_7N_3O)ZnCl_2$, aus sauren Lösungen jedoch erst nach Zusatz von essigsaurem Natron. Im Harn lässt es sich qualitativ durch die Weyl'sche Reaction feststellen. Versetzt man einige Cubikcentimenter Harn mit wenigen Tropfen einer verdünnten wässrigen Lösung von Nitroprussidnatrium und fügt tropfenweise verdünnte Natronlauge hinzu, so nimmt die Flüssigkeit eine schön rubinrothe Farbe an. Diese Färbung erhält sich nur sehr kurze Zeit, um einem intensiven Strohgelb Platz zu machen. Erhitzen beeinträchtigt die Reaction; mit NH_3 statt Natronlauge tritt dieselbe nicht ein. Wässrige Lösungen von reinem Kreatin zeigen die Färbung nicht, dagegen tritt diese sofort ein, wenn das Kreatin durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure in Kreatin übergeführt wird, ein Beweis, dass das Verschwinden der Färbung im künstlich alkalisch gemachten Harn auf Kreatinbildung beruht. Salkowski beobachtete eine Grünfarbung der gelbgewordenen Harnmischung beim Erwärmen mit Eisessig. Nach Krukenberg erklärt sich dies durch Abspaltung freier Eisensalze aus organischen Verbindungen unter Einwirkung der Essigsäure. Das Eisen giebt mit dem entstehenden Ferrocyannatrium Veranlassung zur Bildung von Berlinerblau. Phosphorwolframsäure fällt aus mit HCl oder HNO_3 angesäuertem Harn das Kreatinin gleichzeitig mit Xanthinverbindungen und Kynurensäure. Beim Erwärmen mit Natronlauge und verdünnter Kupfersulfatlösung tritt zwar eine Reduction zu Kupferoxydul ein, es wird aber dieses durch das Kreatinin in Lösung gehalten.

Das Kreatinin findet sich in nicht unerheblicher Quantität im Fleischfresserharn nach reichlicher Ernährung mit Fleisch. Im letzteren, gleichviel ob vom Fleischfresser oder Pflanzenfresser abstammend, kommt Kreatin, aus welchem sich das Kreatinin des Harns bildet, zu etwa 0,2 pCt. als integrirender Bestandtheil vor. Da die Pflanzenkost kein präformirtes Kreatin enthält und Fleischnahrung beim Pflanzenfresser ausgeschlossen ist, muss das Auftreten des Kreatin im Muskelgewebe des Pflanzenfressers, von wo aus dasselbe ebenfalls zum grossen Theil als Kreatinin in den Harn gelangt, auf Abspaltung aus circulirendem Eiweiss zurückgeführt werden. Mit dieser Anschauung stehen die Wahrnehmungen Grocco's in bestem Einklang, welcher nach angestrengter Arbeit und im Fieber eine Steigerung des Kreatingehalt des

Harns constatirte. Bei den von Voit angestellten Fütterungsversuchen mit Kreatin erschien das gesammte verfütterte Quantum im Harn wieder, aber nicht als solches, sondern als Kreatinin, vorausgesetzt, dass der Harn sauer reagirte. Diese Versuche dürften gleichzeitig einen genügenden Beweis dafür abgeben, dass das Kreatin einer Umwandlung zu Harnstoff im Organismus nicht unterliegt.

II. Körper der Fettsäurereihe.

Die hierher zu zählenden Harnbestandtheile: Niedere Fettsäuren, Ameisensäure, Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure, Isobuttersäure, Oxalsäure, Glycuronsäure, Glycerinphosphorsäure, Schwefelcyansäure kommen in relativ geringen Quantitäten im Harn vor. Ihre Abstammung ist eine sehr verschiedene. Die Substanzen der Fettsäurereihe $C_nH_{2n}O_2$ verdanken ihren Ursprung vorzugsweise den fermentativen Vorgängen im Darm und nicht in letzter Linie der Fäulniss. Sowohl bei der Fäulniss der Kohlehydrate als auch bei der Eiweissfäulniss entstehen niedere Fettsäuren als Spaltungsproducte, welche weiteren Umsetzungen zwar bereits im Darm unterliegen oder nach der Resorption in den Geweben durch Oxydation vermindert werden, ein geringer Bruchtheil entzieht sich jedoch dem weiteren Zerfall und gelangt unverändert in den Harn. Diese Quote erscheint um so grösser, je reichlicher die bei der Verdauung entstehende Menge. Die C-ärmeren Fettsäuren (Ameisensäure, Essigsäure) entgehen in relativ grösseren Mengen der Oxydation als die C-reichen. Bei den Pflanzenfressern sind die Fäulnisserreger in hervorragender Weise an der Spaltung der hochconstituirten Nährstoffe betheiligt, und thatsächlich überwiegt die Menge der Fettsäuren im Urin der Pflanzenfresser jene der Fleischfresser. Aus dem Pflanzenfresserharn lassen sich durch Destillation nach Zusatz concentrirter Säuren sogar höhere Fettsäuren gewinnen (C. Schotten).

Das Auftreten von Oxalsäure $\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix}$ kann auf zwei Ursachen zurückgeführt werden: Resorption der in der pflanzlichen Nahrung enthaltenen Säuren, von welchen 10—14 pCt. der aufgenommenen Menge wiedererscheinen, und Bildung im Thierkörper. Dass letzteres Moment wirklich in Frage kommt, beweist das Auftreten von Oxalsäure im Harn von Hunden, welche ausschliesslich mit Fleisch ernährt worden sind. Aus Eiweiss Oxalsäure als Spaltungsproduct durch Einwirkung künstlicher Verdauungsflüssigkeiten oder auf andere Art zu erhalten, gelang bisher noch nicht, sodass eine directe Abspaltung zweifelhaft ist. Nicht unbegründet erscheint die Ansicht, dass die im Körper gebildete Oxalsäure ein Zersetzungsproduct der Harnsäure ist. Nach Verfütterung der Harnsäure an Hunde beobachteten Wöhler und Frerichs ein Ansteigen der Oxalsäureausfuhr. Eine weitere Stütze gewinnt diese Ansicht durch den erbrachten Nachweis, von dem Vorkommen der Oxalursäure (cf. Derivate der Harnsäure) im Harn, wenngleich dieselbe nur

in geringer Menge vertreten ist. Da durch Oxydation der Harnsäure sich Oxalursäure auch ausserhalb des Organismus darstellen lässt, kann die Möglichkeit der Bildung auch von Oxalsäure im Thierkörper auf diesem Wege wohl nicht in Abrede gestellt werden. Es repräsentirt die fragliche Substanz ihrer Constitution nach nichts anderes als Oxalsäure, in welcher das Hydroxyl eines der sie bildenden Carboxyle durch einen einwerthigen Harnstoffrest ersetzt ist. Weitere hydrolytische Spaltung würde das Entstehen der Oxalsäure aus Oxalursäure, indirect also aus Harnsäure, erklärlich machen.

Bernsteinsäure sollte, wie Meissner angiebt, im Kaninchenharn nach Fütterung mit Wiesenheu und Kleie in Spuren, nach Mohrrüben und äpfelsaurem Kalk in reichlicher Menge vorkommen. Im Hundeharn wollten Meissner und Jolly bei Fütterung mit 500 *g* Fleisch und 125 *g* Schweinefett grosse Mengen Bernsteinsäure gefunden haben (2 *g* in 800 *ccm* Harn). Salkowski konnte diese Befunde unter gleichen Verhältnissen nicht bestätigen; Baumann vermisste Bernsteinsäure sogar im Harn eines Hundes, dem er bernsteinsaures Natron in den Magen gebracht hatte.

Glycuronsäure, $C_6H_{10}O_7$, ist eine von Marshall crystallinisch erhaltene reducirende, dem Zucker nahestehende Verbindung, welche im Organismus ihre Entstehung findet. Baeyer spricht die Vermuthung aus, dass es sich um eine Art Zuckersäure handelt, welche in der Mitte zwischen Isoglycoläthylensäure ($C_6H_{10}O_6$) und Zuckersäure ($C_6H_{10}O_8$) steht.

Constitution. Wie aus ihrer Fähigkeit, Kupfer und Silberoxyd in alkalischen resp. ammoniakalischen Lösungen zu reduciren, hervorgeht, ist die Glycuronsäure eine Aldehyd- oder Ketonsäure, die von Glucose in der Weise derivirt, dass ein Methylalkoholrest zu Carboxyl oxydirt ist. Brom, das nach Kiliani die Dextrose in Glyconsäure überführt, bildet nach H. Thierfelder aus Glycuronsäure Zuckersäure; somit kann die nahe Beziehung zum Traubenzucker, sowie die Anwesenheit einer Aldehydgruppe nicht mehr zweifelhaft sein. Ihre wahrscheinliche Constitutionsformel ist demnach $COOH\ (CH \cdot OH)_4\ COH$.

Eigenschaften. Nach Schmiedeberg dreht die Säure rechts (nicht links, wie Jaffe ursprünglich angab) und bildet mit Baryumlösung ein basisches Salz. Wird die reine Säure mit Wasser gekocht und die Lösung verdampft, so erhält man ein ebenfalls rechtsdrehendes Anhydrid ($[\alpha]D = + 19{,}4$) von der Zusammensetzung $C_6H_8O_6$, welches in Alkohol unlöslich ist. Dasselbe crystallisirt im reinen Zustande in vollkommen wasserhellen, dicken, dem monosymmetrischen System angehörigen Tafeln von angenehm süssem Geschmack. Erhitzt schmilzt es bei 167° und zersetzt sich alsdann. Diese Fähigkeit der Glycuronsäure, ein lactonartiges Anhydrid zu bilden, erinnert an die Péligot entdeckte, aber erst von Scheibler in ihrer Natur erkannte Saccharinsäure ($C_6H_{12}O_6$) und stempelt es zu einem Analogen der letzteren. Von letzterer unterscheidet sich die Glycuronsäure dadurch, dass sie erst beim Erwärmen ihrer Lösung mit HJ in das Lacton übergeht, während dies bei der Saccharinsäure in der Kälte eintritt. Benzoylchlorid fällt die Glycuronsäure ähnlich wie die Dextrose.

Ein besonderes Interesse beansprucht die Entstehung der Glycuronsäure im Organismus. Verschiedene Umstände sprechen anscheinend dafür, dass die Glycuronsäure ein Abkömmling des Nahrungs- bezw.

Körpereiweiss ist. Als Stütze für diese Ansicht können Beobachtungen von Thierfelder über die Bildung von Glycuronsäure bei hungernden Kaninchen und Hunden, ferner von J. Munk über das Vorkommen von reducirenden Substanzen im Harn vom hungernden Hunde und in dem nach Fütterung mit Fleisch gewonnenen herangezogen werden, allenfalls auch die Angabe Krukenbergs, von jedem Eiweisskörper durch Kochen mit Natronlauge reducirende Substanzen erhalten zu haben, deren Bildung er durch Kupfersulfat und Ferricyankaliumzusatz nach schwachem Ansäuern nachweisen will. Hammarsten fasst das Eiweiss geradezu als substituirtes Kohlenhydrat auf. Andererseits wird die Präexistenz einer Zuckergruppe im Eiweissmolecül mehrfach noch in Zweifel gezogen, neuerdings wieder durch Tollens und Wehmer. Nach der von Schmiedeberg, Meyer u. A. ausgesprochenen Meinung würde die Glycuronsäure als ein Zwischenproduct der Verbrennung des Zuckers aufzufassen sein. — Unter gewöhnlichen Verhältnissen dürfte die auf diese oder jene Art gebildete Glycuronsäure weiter oxydirt werden, so dass nur Spuren davon unzersetzt in den Harn übergehen.

Im normalen Harn erscheint dieselbe indess nicht als solche, sondern als Paarling, dessen anderweitige Bestandtheile nach E. Sundvik Aldehyde, Alkohole, Ketone, aromatische Kohlewasserstoffe und Phenole sein können. Bezüglich der Entstehung von derartigen gepaarten Glycuronsäuren bezeichnet S. es als wahrscheinlich, dass zuerst, sei es durch Reduction (bei Aldehyden und Ketonen) oder Oxydation (bei Kohlewasserstoffen) Alkohole sich bilden, die dann mit Zucker zu glycosidartigen Verbindungen anhydrisiren, aus welchen endlich durch Oxydation die Glycuronsäureverbindungen hervorgehen. Mit Phenolen tritt eine Paarung nur in dem Falle eines Mangels an Schwefelsäure im Thierkörper ein; aufgenommene Naphtole verlassen dagegen den Organismus in der Hauptmasse als Glycuronsäurepaarlinge.

Glycerinphosphorsäure,

$$C_3H_5 \begin{cases} OH \\ OH \\ O-PO \begin{cases} OH \\ OH \end{cases} \end{cases}$$

als Zersetzungsprodukt des Lecithin im Harn auftretend ist qualitativ von Sotnischewsky nachgewiesen. Die normal im Harn vorkommenden Mengen sind sehr gering. Einige Beobachtungen E. Salkowski's machen das Auftreten von Glycerinphosphorsäure auch im Pflanzenfresserurin wahrscheinlich.

Schwefel- oder Sulfocyansäure (Thiocyansäure, Rhodanwasserstoffsäure) $N \equiv C - SH$ lässt sich im Harn nachweisen bei denjenigen Thieren, bei welchen Schwefelcyankalium im Speichel vorkommt. Im menschlischen Harn fand Bruylants durchschnittlich 0,002 *g* pro 1000 *ccm*, etwas mehr im Pferde- und Rinderharn. Die Sulfoverbindungen geben die Schönbein'sche Reaction (Entwickelung von H_2S mit Zink und Salzsäure). Külz hat gezeigt, dass diese

Reaction mit Harn des Menschen, Rindes, Kalbes, Schafes, Schweines, Hundes, Kaninchens und Meerschweinchens constant zu erhalten ist. Von bekannten Körpern, die im Harn vorkommen, giebt diese Reaction auch unterschweflige Säure und Cystin, abgesehen von Rhodankalium. Da er unterschweflige Säure nur im Hundeharn, Cystin nur im Menschen- und Rinderharn nachzuweisen vermochte, so zog er daraus den Schluss, dass es sich in den übrigen Fällen nur um Rhodankalium handeln könnte.

III. Körper der aromatischen Reihe.

Hierher gehören Hippursäure, Phenol- und Kresolschwefelsäure, Brenzkatechinschwefelsäure, Paroxyphenylessigsäure, Parahydrocumarsäure, Indoxylschwefelsäure, Scatoxylschwefelsäure, Kynurensäure.

In überwiegender Mehrzahl sind die angeführten Substanzen als Paarlinge zu betrachten, welche synthetischen Processen im Organismus ihre Entstehung verdanken. Die constituirenden Bestandtheile bilden sich zum Theil im Organismus selbst, theils gelangen sie mit der Nahrung in denselben. Als Quelle für die aromatischen Componenten ist bei allen Hausthieren in erster Linie das Eiweiss zu betrachten. Im Eiweissmolekül sind wahrscheinlich mindestens drei aromatische Gruppen enthalten, deren Abkömmlinge bei Fäulniss des Eiweiss, bei Pankreasverdauung oder beim Zusammenschmelzen mit kaustischen Alkalien sich abspalten. Durch die erwähnte Entwickelung entsteht aus dem im Eiweiss präformirt anzunehmenden Tyrosin

1. Phenol (C_6H_5OH) oder Kresole [$C_6H_4(CH_3)OH$].
2. Liefert eine ursprünglich vermuthlich als Phenylamidopropionsäure und Phenylamidoessigsäure im Eiweiss enthaltene Gruppe beim Eiweisszerfall Phenylpropionsäure und Phenylessigsäure (E. und H. Salkowski).
3. Bildet sich Indol resp. Skatol, Körper, welche nur einer dritten im Eiweissmolecül enthaltenen Indolgruppe entstammen können.

a) Monoxybenzole.

Im normalen Harn treten die angegebenen Zersetzungsproducte als solche nicht auf, wohl aber ihre Derivate resp. Aetherschwefelsäure-Verbindungen. Bezüglich der Bildung von Phenol und Kresol ist zu betonen, dass die Abspaltung aus Eiweiss nicht direct, sondern höchst wahrscheinlich aus dem Tyrosin d. h. der Paroxyphenylamidopropionsäure $C_6H_4 \begin{cases} OH \\ C_2H_3(NH_2) - COOH \end{cases}$ erfolgt. Für diese Annahme spricht das von Baumann beobachtete Vorkommen eines unzweifelhaft directen Abkömmlings des Tyrosin, der Paroxyphenylessigsäure

$$C_6H_4 \begin{cases} OH \\ CH_2 - COOH \end{cases}$$

als Salz und als Aetherschwefelsäureverbindung im Menschen- und

Thierharn in geringen Mengen. Vermuthlich sind ausser diesen noch andere aromatische, dem Tyrosin entstammende Oxysäuren im Harn vertreten, unter ihnen Hydroparacumarsäure

$$C_6H_4 \begin{matrix} (1)OH \\ (4)CH_2 - CH_2 - COOH \end{matrix}$$

(β-Oxyphenylpropionsäure)

mit ziemlicher Gewissheit. Aus diesen Oxysäuren kann aber Phenol entstehen. denn verabfolgt man dergleichen Säuren den Thieren mit der Nahrung, so erscheint nur ein Theil derselben als Aetherschwefelsäure im Harn, ein weiterer, geringerer Theil gelangt, zu Phenol oder Kresol umgewandelt, zur Ausscheidung, ebenfalls in der ganzen gebildeten Menge an Schwefelsäure gebunden. Auf Grund dieses Verhaltens ist man berechtigt anzunehmen, dass auch unter gewöhnlichen Verhältnissen Phenol- und Kresolätherschwefelsäure durch Spaltung der Oxysäuren und nachträgliche Synthese ihre Entstehung finden. Die Glieder, welche aus dem Tyrosin durch allmähliche Spaltung und Oxydation der Reihe nach bis zur Umwandlung in Phenol auftreten werden, sind nach Annahme von Baumann folgende:

Tyrosin $C_9H_{11}NO_3 + H_2$ = Hydroparacumarsäure $C_9H_{10}O_3 + NH_3$
Hydroparacumarsäure $C_9H_{10}O_3$ = Paräthylphenol $C_8H_{10}O + CO_2$
Paräthylphenol $C_8H_{10}O + O_3$ = Paroxyphenylesssigsäure $C_8H_8O_3 + H_2O$
Paroxyphenylessigsäure $C_8H_8O_3$ = Parakresol $C_7H_8O + CO_2$
Parakresol $C_7H_8O + O_3$ = Paroxybenzonsäure $C_7H_6O_3 + H_2O$
Paroxybenzonsäure $C_7H_6O_3$ = Phenol $C_6H_6O + CO_2$

Bei Pflanzenfressern gelangen mit der Nahrung, insbesondere mit dem Wiesenheu, aromatische, nur zum Theil bekannte Substanzen zur Aufnahme, wonach eine Steigerung der Phenolschwefelsäureausfuhr zu constatiren ist.

Die im Harn auftretenden Verbindungen sind die Kalisalze der Phenol(äther)schwefelsäure $C_6H_5 - O \cdot SO_2 \cdot OK$ und Kresolschwefelsäure $C_6H_4(CH_3) - O \cdot SO_2 \cdot OK$.

Zur Darstellung aus dem Harn (Pferdeharn) verdampft man zur Syrupsconsistenz, extrahirt mit Alkohol, verjagt denselben, worauf in der Kälte die Salze in einigen Tagen in weissen Blättchen auscrystallisiren. Nach dem Abfiltriren werden sie durch Umcrystallisiren aus Wasser und Alkohol gereinigt. Die in Wasser leichter löslichen Theile der »phenolbildenden Substanz« enthalten das phenylschwefelsaure Kalium. Beim Erwärmen mit verdünnten Mineralsäuren zersetzen sich die Salze in Phenol resp. Kresol und Schwefelsäure. Alkalien, sowie Fäulnissfermente bewirken nicht so leicht eine Zerlegung. Durch Erhitzen auf 150—160° tritt unter Schmelzung und theilweiser Zersetzung eine moleculare Umlagerung in paraphenolsulfosaures Kali $C_6H_4 < \begin{matrix} OH \\ SO_2 \cdot OK \end{matrix}$ ein, dessen Lösung durch Eisenchlorid intensiv blau gefärbt wird, während phenolschwefelsaures Kali diese Reaction nicht giebt. Zur quantitativen Bestimmung des Phenols im Harn fällt man das aus dem mit $^1/_5$ Vol. Salz oder Schwefelsäure versetzten Harn erhaltene Destillat mit Bromwasser bis zu bleibender Gelbfärbung (Landolt), filtrirt, trocknet und wägt das gebildete Tribromphenol.

b) Glycocollpaarlinge.

Weiterhin verdanken der Abspaltung aus Eiweiss ihre Entstehung Hippursäure und Phenacetursäure.

Hippursäure $C_9H_9NO_3$, Benzoylglycocoll ist aufzufassen als Glycocoll d. i. Amidoessigsäure, welche statt eines H der Amidogruppe den einwerthigen Rest der Benzoesäure $C_6H_5 - CO -$ (Benzoyl) enthält $\underset{\displaystyle COOH}{\overset{|}{CH_2}} - NH - (CO - C_6H_5)$. Mol. Gew. 179. N-Gehalt 7,82 pCt.

Die Hippursäure wurde zuerst von Liebig als eine von Benzoesäure verschiedene Substanz 1840 im Pferdeharn gefunden. Wöhler constatirte die Bildung der Hippursäure im Körper der Säugethiere nach Einnehmen von Benzoesäure, das erste Beispiel eines synthetischen Processes durch Vermittelung des thierischen Organismus.

Eigenschaften. Hippursäure ist eine einbasische Säure, welche aus heissem Wasser in schneeweissen, langen Nadeln oder halb durchsichtigen rhombischen Prismen crystallisirt, deren Enden in 1,2 oder 4 Flächen auslaufen, bei 187,5° schmelzen und sich in 600 Theilen kalten Wassers lösen; leicht löslich in heissem Wasser, Essigäther und Alkohol, ziemlich schwierig in Aether (doch geht sie beim Schütteln von hippursäurehaltigen Harnextracten mit Aether ziemlich reichlich in diesen über, besonders wenn der Aether alkoholhaltig ist) unlöslich dagegen in Benzol und Petroleumäther. Durch Erhitzen der wässrigen Lösung auf 170—180° oder durch Erhitzen bei Gegenwart concentrirter Säuren oder Alkalien, ferner durch hydrolytisch wirkende Fermente wird sie unter Wasseraufnahme in Glycocoll und Benzoesäure zerlegt, (in letzterem Falle unter gleichzeitiger Zersetzung des Glycocolls): $(C_6H_5 - CO) - NH - CH_2 - COOH + H_2O = C_6H_5 - COOH + NH_2 - CH_2 - COOH$. Beim Erhitzen über 187,5° färbt sich die geschmolzene Masse roth, giebt ein Sublimat von Benzoesäure und entwickelt einen bittermandelartigen Geruch (Benzonitril, Cyanphenyl, $C_6H_5 - CN$ und Bläusäure). — Erhitzen nach Zusatz von Salpetersäure (Lücke's Probe) giebt einen ähnlichen bittermandelartigen Geruch, der jedoch von der Bildung von Nitrobenzol $(C_6H_5 - NO_2)$ herrührt. Zimmtsäure, Phenylessigsäure und Phenylpropionsäure geben diese Probe auch, dagegen nicht die Oxysäuren. Mit Aetzalkalien und kohlensauren Alkalien vereinigt sich Hippursäure zu schwer crystallisirenden in Wasser und Alkohol sehr leicht löslichen Salzen. Aus diesen Lösungen scheidet sich die Hippursäure bei Zusatz einer stärkeren Säure, z. B. Salzsäure, sofort wieder ab und zwar in crystallinischer Form, während die Benzoesäure Anfangs amorph ausfällt und erst allmählich crystallisirt.

Löst man Hippursäure in Kalilauge und leitet unter guter Abkühlung Chlorgas ein, so entweicht N-Gas und es bildet sich Benzoylglycolsäure, indem die Imidgruppe durch O ersetzt wird. $(C_6H_5 \cdot CO)\,NH \cdot CH_2 \cdot COOK + KOH + Cl = (C_6H_5 \cdot CO)\,O \cdot CH_2 \cdot COOK + KCl + N + H_2O$. Nach Löbisch findet diese Zersetzung nach längerem Durchleiten von Chlorgas auch in saurer Lösung statt. Mit Bleisuperoxyd und Wasser gekocht liefert die Hippursäure Benzamid $C_6H_5 \cdot CO \cdot NH_2$ neben CO_2 und H_2O, mit verdünnter Schwefelsäure und Bleisuperoxyd längere Zeit erwärmt giebt sie erst Hipparin $C_8H_9NO_2$ und dann Hipparaffin C_8H_7NO.

Verbindungen. Hippursaurer Kalk $(C_9H_8NO_3)_2Ca + 3H_2O$ crystallisirt in dünnen Blättchen oder schiefen rhombischen Säulen. Im Harn der Pflanzenfresser kommt dieses Salz neben hippursauren Alkalien vorzugsweise vor. Reine Hippursäure ist jedenfalls darin nicht enthalten, da dieselbe sonst schon nach starkem Concentriren des Harns auscrystallisiren müsste, was bekanntlich erst nach Zusatz von Mineralsäuren etc. eintritt. Künstlich erhält man das Kalksalz durch Auflösen von kohlen-

saurem Kalk in heisser Hippursäurelösung. In 15—18 Theilen kalten, in 6 Theilen heissen Wassers löslich.

Das hippursaure Silberoxyd $C_9H_8NO_3Ag$ ist in heissem Wasser löslich und scheidet sich beim Erkalten in weissen seideglänzenden Nadeln ab.

Das Kupfersalz $(C_9H_8NO_3)_2Cu + 3H_2O$ entsteht durch Zusatz von Kupfersulfat zu einem löslichen hippursauren Salz. Es ist wenig löslich in Wasser, leicht in heissem Alkohol.

Mit Eisenchlorid giebt Hippursäurelösung einen in Wasser fast unlöslichen, amorphen, braunen Niederschlag, welcher in heissem Alkohol löslich ist. Derselbe enthält auf 1 Atom Eisen 2 Atome Hippursäure; beim Erhitzen in der Flüssigkeit wird Hippursäure daraus frei; der harzige Rückstand enthält auf 1 Atom Fe 1 Atom Hippursäure.

Das hippursaure Kobaltoxyd ist in Alkohol vollkommen unlöslich.

Hippursäureäther $C_9H_8NO_3 \cdot C_2H_5$, durch Einleiten von Salzsäuregas in alkoholische Hippursäurelösung dargestellt, crystallisirt in seideglänzenden Nadeln vom Schmelzpunkt 60,5°.

Amidohippursäure $C_9H_8NO_3 \cdot NH_2$ schmilzt bei 183° (192° Salkowski) und spaltet sich beim Kochen mit Salzsäure in Glycocoll und Amidobenzoesäure.

Mengt man die kalten Lösungen gleicher Molecüle von HCl-Meta-amidobenzoesäure mit Kaliumacetat, so crystallisirt Uramidobenzoesäure $C_8H_8N_2O_3 + H_2O$ $\left(CO < \begin{matrix} NH \cdot C_6H_4 \cdot COOH \\ NH_2 \end{matrix}\right)$ aus. Dieselbe entsteht ferner durch Zusammenschmelzen von Harnstoff mit Meta-amidobenzoesäure. Die kleinen Nadeln sind in heissem Wasser und Alkohol löslich. Beim Erhitzen auf 200° zerfällt sie in H_2O und Benzoylharnstoff $CO < \begin{matrix} NH - C_6H_4 \\ | \\ NH - CO \end{matrix}$. Mit Kalilauge gekocht giebt Uramidobenzoesäure Amidobenzoesäure, CO_2 und NH_3. Amidohippursäure bildet sich in kleinen Mengen neben Uramidobenzoesäure im Organismus nach Einführung von Amidobenzoesäure (E. Salkowski). Bei der Fütterung von Hühnern mit Benzoesäure oder Toluol wird im Harn nicht Hippursäure wie beim Säuger, sondern eine Verbindung von Benzoesäure mit einer organischen Base $C_5H_{12}N_2O_2$ (Diamidovaleriansäure) als Ornithursäure $C_{19}H_{20}N_2O_4$ (Jaffe) ausgeschieden.

Zahlreiche substituirte Benzoesäuren oder Körper, die durch Oxydation in substituirte Benzoesäuren übergeführt werden können, erscheinen nach Einverleibung per os im Harn als substituirte Hippursäuren. Hoppe-Seyler giebt folgende Zusammenstellung derartiger Glycocollverbindungen substituirter Benzoesäuren; es erscheint im Harn:

Metachlorhippursäure	$C_9H_8ClNO_3$	nach	Eingeben	von	Metachlorbenzoesäure
Parabromhippursäure	$C_9H_8BrNO_3$	»	»	»	Parabromtoluol
Metanitrohippursäure	$C_9H_8(NO_2)NO_3$	»	»	»	Metanitrobenzoesäure
Paranitrohippursäure	$C_9H_8(NO_2)NO_3$	»	»	»	Paranitrotoluol
Salicylursäure	$C_9H_8(OH)NO_3$	»	»	»	Salicylsäure
Oxybenzursäure	$C_9H_8(OH)NO_3$	»	»	»	Oxybenxoesäure
Paroxybenzursäure	$C_9H_8(OH)NO_3$	»	»	»	Paroxybenzoesäure
Tolursäure	$C_9H_8(CH_3)NO_3$	»	»	»	Toluylsäure oder Xylol
Anisursäure	$C_9H_8(OCH_3)NO_3$	»	»	»	Anissäure
Cuminursäure	$C_9H_8(C_3H_7)NO_3$	»	»	»	Cuminsäure
Mesitylenursäure	$C_9H_7(CH_3)_2NO_3$	»	»	»	Mesitylensäure
Phenacetursäure	$C_{10}H_{11}NO_3$	»	»	»	Phenylessigsäure

Paranitrohippursäure giebt eine Verbindung mit Harnstoff; Phenylpropionsäure

geht nach H. u. E. Salkowski's Untersuchungen im Organismus in Hippursäure über, während sie für Phenylessigsäure die bereits in der Uebersicht mit angegebene Umwandlung in Phenacetursäure constatirten.

Der Hund wandelt Benzamid $(C_6H_5 - CO) - NH_2$ und benzoesaures Ammon fast vollständig in Hippursäure um, bei Kaninchen wird anscheinend unter Abspaltung der NH_3-Gruppe letztere in Harnstoff übergeführt (L. v. Nencki, R. Cohn).

Darstellung. Künstlich ist Hippursäure dargestellt worden aus Chlorbenzol und Glycocollzink (Dessaignes) oder Glycocollsilber; durch Erhitzen von Benzoesäure mit Glycocoll (Curtius) oder von Benzamid mit Monochloressigsäure (Jazukowitsch).

Nach Baum löst man Glycocoll in wenig Wasser, dem man einige Tropfen Natronlauge zusetzt, schüttelt mit Benzoylchlorid, das man nach und nach im Ueberschuss zusetzt und macht dann mit Natronlauge stark alkalisch. Aus 2 *g* Glycocoll erhält man $1^1/_2$ *g* reine Hippursäure. Zur Darstellung der Hippursäure aus Pflanzenfresserharn (vom Pferd oder Rind) kocht man denselben frisch mit Kalkmilch auf, colirt, neutralisirt das Filtrat mit Salzsäure, dampft auf $^1/_4$—$^1/_8$ des Volumens ein und fällt mit Salzsäure. Die so erhaltene rohe, stark gefärbte Hippursäure wird mit etwas weniger Wasser als in der Siedehitze zur Lösung erforderlich ist, übergossen, das Gemenge durch Einleiten von Wasserdampf zum Kochen erhitzt und hierauf Chlorgas eingeleitet bis dessen Geruch deutlich wahrnehmbar ist Dann wird heiss filtrirt, das Filtrat schnell abgekühlt, die abgeschiedene, noch gelb gefärbte Säure abgepresst, einige Mal mit kaltem Wasser gewaschen und nochmals, wie angegeben, mit Chlor behandelt bis die Lösung hellgelb geworden. Aus dieser fällt die Hippursäure fast weiss aus und wird durch einmaliges Umcrystallisiren mit Thierkohle rein erhalten.

Exacte Methoden zur quantitativen Bestimmung der Hippursäure existiren nicht. Ein Versuch von Wreden, die Hippursäure im Harn von Pflanzenfressern durch Titriren mit Eisenoxydlösung zu bestimmen, ist ohne brauchares Resultat geblieben. Im Wesentlichen laufen die üblichen Methoden sämmtlich auf die Reindarstellung der Hippursäure hinaus. Nach Trocknen über Schwefelsäure oder bei 100° wird dieselbe gewogen.

Ihre Entstehung verdankt die Hippursäure bei Pflanzenfressern dem Eiweiss zwar ebenfalls, aber ohne Zweifel nur in einer kleineren Quote der Gesammtmenge.

Bei diesen Thieren existiren, wie sogleich ausgeführt werden soll, sicherlich noch andere ergiebigere Quellen, welche in der Eigenart der Pflanzenkost zu suchen sind.

Soweit man bezüglich des Ursprungs der Hippursäure bei Carnivoren und Herbivoren auf Bildung aus Eiweiss recurriren muss, ist jedoch keineswegs an eine directe Abspaltung zu denken. Weder gelang es ausserhalb des Organismus das Eiweiss direct in Hippursäure überzuführen, noch lässt sich theorethisch ein solcher Vorgang construiren. Ueber diese Schwierigkeit half auch in diesem Fall die Analyse der bei Pankreasfäulniss des Eiweiss zu erhaltenden Zwischenproducte hinweg. Hauptsächlich sind es zwei auf diesem Wege gefundene Körper, welche als Muttersubstanz der Hippursäure und der in ihrer Begleitung auftretenden Phenacetursäure zu betrachten sein dürften: die Phenylpropionsäure $C_6H_5 - CH_2 - CH_2 - COOH$ (Hydrozimmtsäure). und die Phenylessigsäure $C_6H_5 - CH_2 - COOH$. Erstere erscheint in

der That nach Einführung mit der Nahrung im Harn des Kaninchens, Hundes und des Menschen als Hippursäure wieder*). Für die Erklärung einer derartigen Umsetzung ist zu berücksichtigen, dass Phenylpropionsäure ausserhalb des Körpers mit oxydirenden Mitteln behandelt, Benzoesäure liefert; letztere verbindet sich, gleichviel ob von aussen zugeführt oder im Organismus entstanden in demselben mit Glycocoll zur Hippursäure unter Austritt von Wasser. Im Harn der Pflanzenfresser erscheinen aber derartige Mengen von Hippursäure, dass selbst unter Berücksichtigung der gesammten eingeführten Eiweissquantitäten die Entstehung der ausgeführten Hippursäuremengen nicht erklärt werden kann. Tappeiner gelang es, z. B aus 40 Liter Pansenflüssigkeit (nach Heufütterung) nur 0,3 *g* Phenylpropionsäure zu gewinnen. Es muss demnach eine Zufuhr solcher Substanzen, welche Benzoesäure oder der Benzoesäure sehr nahe stehende Verbindungen enthalten, stattfinden, was auch in Wirklichkeit der Fall ist. Alle jene für die Benzoesäurebildung in Betracht kommenden Muttersubstanzen der Pflanzennahrung zu ermitteln, ist bisher noch nicht gelungen. In erster Linie verdient die Chinasäure [$C_6H_7(OH)_4 \cdot COOH$] Beachtung, welche ausser in der Chinarinde im Heidelbeerkraut, in den Kaffeebohnen, in frischen und getrockneten Gräsern enthalten ist. Durch Stadelmann wurde festgestellt, dass die Chinasäure eine Umwandlung zu Hippursäure und zwar nur dann erfährt, wenn sie in den Darm, nicht aber, wenn sie als Natronsalz in das Blut eingeführt wird, ein Factum, welches auf Reductionsprocesse bei der Umwandlung zu Benzoesäure im Darm hinweist. Als Substanzen, welche nachgewiesenermaassen im Organismus in Hippursäure übergehen, sind ferner bekannt: Toluol, Aethylbenzol, Benzaldehyd, (Bittermandelöl), Benzylamin, Phenylacrylsäure (Zimmtsäure), Benzamid, Acetophenon, Propylbenzol. Eine weitere Quelle für Hippursäurebildung liegt im Cerealienstroh. Meissner und Shepard betrachten die Cuticularsubstanz der Pflanzen als Ursache; diesbezügliche Nachuntersuchungen brachten jedoch keine Bestätigung dieser Ansicht, aber auch keine Aufklärung über die wirksame Substanz im Rauhfutter. Vielleicht spielt das von Wiesner und F. Krasser in der Zellwand nachgewiesene Dermatoplasma hierbei eine Rolle.

Thatsache ist, dass nach Verabfolgung von Cerealienstroh, Grünfutter resp. Heu Hippursäure reichlicher, nach Fütterung mit Rüben und Kartoffeln diese weniger reichlich im Harn auftritt. — Die Entstehung von Phenylessigsäure im Thierkörper durch Eiweissfäulniss resp. Pankreasverdauung im Darm wurde aus theoretischen Gründen bereits früher von E. Salkowski vermuthet und 1885 durch Auffinden der Phenacetursäure im normalen Harn des Menschen und des Pferdes bestätigt. Eine weitergehende Oxydation der Phenylessigsäure findet demnach nicht statt, sondern es verbindet sich diese aromatische Säure

---

*) Nach C. Schotten liefert die reine Phenylpropionsäure eine 18fach grössere Ausbeute an Hippursäure als die amidirte Verbindung (α-Amidophenylpropionsäure).

unter Wasseraustritt mit Glycocoll direct zu Phenacetursäure ($C_6H_5 \cdot CH_2 - CO) - NH \cdot CH_2 - COOH$.

c) Pyrrolderivate.

Das bei Darmfäulniss des Eiweiss entstehende Indol (Benzolpyrrol)

$$C_6H_4 < \begin{matrix} CH \\ NH \end{matrix} > CH$$

empirisch C_8H_7N

und Skatol*) (Methylbenzolpyrrol)

$$C_6H_4 < \begin{matrix} CH \\ NH \end{matrix} > C(CH_3)$$

empirisch C_9H_9N

wird weiter zu Indoxyl

$$C_6H_4 < \begin{matrix} C(OH) \\ NH \end{matrix} > CH$$

resp. Skatoxyl oxydirt, und diese verbinden sich, wie die meisten aromatischen Substanzen, welche ein Hydroxyl in der Seitenkette enthalten, mit Schwefelsäure.

Indoxylschwefelsäure $C_8H_6N \cdot HSO_4$ oder $C_8H_6NO - O \cdot SO_2 \cdot OH$ kommt als Kaliumsalz $C_8H_6N \cdot KSO_4$ im Harn der Omnivoren und der Carnivoren in geringerer, in grösserer Menge in dem der Pflanzenfresser vor. Früher hielt man diese Substanz identisch mit dem in den Pflanzen nachgewiesenen Indican, welches ein Glucosid ist und aus einem Indigglucin genannten Zucker ($C_6H_{10}O_6$) und Indigblau

$$C_6H_4 < \begin{matrix} CO \\ NH \end{matrix} > C = C < \begin{matrix} CO \\ NH \end{matrix} > C_6H_4$$

besteht, namentlich deshalb, weil das »Harnindican« bei seiner Zersetzung ebenfalls Indigblau liefert.

Eigenschaften. In reiner Form erscheint das indoxylschwefelsaure Kalium in blendend weissen, glänzenden Tafeln und Blättchen in ihrem Aussehen an phenol- und kresolschwefelsaures Kalium erinnernd.

Zur Gewinnung aus dem Harn wird derselbe bis zur Crystallisation eingedampft und die Crystallmassen, welche aus Harnstoff und Salzen bestehen, abfiltrirt. Nach Extraction der abgelaufenen Flüssigkeit mit 90 pCt. Alkohol wird der alkoholische Auszug mit alkoholischer Oxalsäurelösung versetzt, filtrirt, das Filtrat zur Entfernung der überschüssigen Oxalsäure mit alkoholischer Kalilauge behandelt, wiederum filtrirt, eingedampft und mit Aether versetzt. Der entstehende syrupöse Niederschlag wird wiederholt mit Alkohol gereinigt.

Reactionen. Erhitzt man das Kaliumsalz in neutraler wässriger Lösung auf 120—130°, so tritt vollständige Zersetzung ein, es entsteht ein brauner Niederschlag, der neben Indigblau in geringer Menge auch das isomere Indigroth enthält. In der wässrigen Lösung befindet sich saures schwefelsaures Kali. Das trockne Salz im Reagensglase stark erhitzt, sublimirt unter Bildung von purpurnen Indigodämpfen. Beim Erwärmen mit Salzsäure zersetzt sich indoxylschwefelsaures Kalium in saures

---

*) Skatol wurde in der Pflanzenwelt bisher nur in einem einzigen Falle gefunden und zwar von W. R. Dunstau im Holz von Celtis reticulosa (Indien).

Kaliumsulfat und Indoxyl; letzteres geht bei Anwesenheit von Oxydationsmitteln, wie Eisenchlorid, Chlorwasser oder Salpetersäure (meist verwendet man wässrige Chlorkalklösung) sofort in Indigblau über nach der Formel:

$$2C_8H_6NKSO_4 + O_2 = C_{16}H_{10}N_2O_2 + 2HKSO_4.$$

Diese Methode kann zum qualitativen und mit einigen Modificationen auch zum quantitativen Nachweis des indoxylschwefelsauren Kalium benutzt werden.

Skatoxylschwefelsäure $C_8H_5(CH_3)NO - O \cdot SO_2 \cdot OH$ bildet sich unter ähnlichen Bedingungen im Organismus aus Skatol wie Indoxylschwefelsäure aus Indol; nach Einführung grosser Mengen Skatol treten auch Glykuronsäureverbindungen auf. Harn, welcher reich an Skatoxylderivaten ist, färbt sich mit Salzsäure und Chlorkalk nicht blau, sondern violett, eventuell sedimentirt anstatt des Indigblau ein violetter Farbstoff, vermuthlich Indigroth.

Bei Stagnation des Dünndarminhaltes bei Fleischfressern lässt sich eine vermehrte Ausscheidung von Idoxylschwefelsäure beobachten. Man hatte bisher bezweifelt, dass das Indol ein ausschliessliches Product der Eiweissfäulniss im Darm sei, da es im Darm des hungernden Thieres sich ebenfalls vorfindet. Diese Zweifel sind durch Baumann u. Fr. Müller gelöst. Durch ersteren wurde nach Calomelverabreichung an einen Hund im Hungerzustand das Fehlen jeder Spur von Indoxylschwefelsäure im Harn dargethan, der letztere untersuchte Organe und Darminhalt hungernder Hunde und Katzen. In den Muskeln etc. fand sich auch nicht die geringste Spur von Indol, dagegen ergab die Prüfung des Hungerkothes intensive Indolreaction. —

Organe für synthetische Processe. Diejenigen Organe des Thierkörpers, in welchen sich die Synthesen der bisher erwähnten Doppelverbindungen vollziehen, wozu einerseits ein aromatischer, andererseits ein Säurerest verwendet wird, sind vermuthlich dieselben, in welchen sich auch die übrigen durch Anhydrirung erfolgenden Synthesen vollziehen. So wurde durch die Untersuchungen von Bunge und Schmiedeberg sicher constatirt, dass die Niere in erster Linie jenes Organ ist, in welchem die Synthese der Hippursäure vor sich geht. Hunde, welchen die Nieren exstirpirt oder die Nierengefässe unterbunden sind, haben die Fähigkeit Benzoesäure in Hippursäure überzuführen verloren; nach Ureterenunterbindung findet sich dagegen Hippursäure in den Geweben. Ueber den Modus der Vereinigung der Benzoesäure mit Glycocoll gaben Durchströmungsversuche, an überlebenden isolirten Nieren angestellt, einige Anhaltspunkte. Blutserum, mit den Einzelbestandttheilen versetzt, durch die Nieren hindurchgeleitet, liefert keine Hippursäure, wohl aber wurde die Bildung geringer Mengen constatirt, wenn anstatt des Blutserum defibrinirtes Blut benutzt wurde. J. Munk gelang der Versuch auch mit lackfarbenem Blut. Der abgestorbenen Niere kommt die Fähigkeit der Hippursäurebildung nicht mehr zu. Jedenfalls handelt es sich also bei diesen synthetischen Processen um eine active Betheiligung der Zellen des Nierenparenchyms, O-Anwesenheit vorausgesetzt. Dass die Blutkörperchen bei der Synthese eine wesentliche Rolle nicht spielen, abgesehen von ihrer Eigenschaft als O-Träger, geht aus den positiven Ergebnissen der Munk'schen Durch-

strömungsversuche mit lackfarbigem Blut hervor. Die Frage, welche von den Zellen speciell hierbei in Betracht kommen dürften, wird bei Besprechung der Harnsecretion ventilirt werden. Die übrigen synthetischen Processe, welche zur Bildung der ätherschwefelsauren Verbindungen des Phenols, Kresols, Indoxyl, Skatoxyl und der weiter unten zu erwähnenden Dihydroxybenzole führen, vollziehen sich, von der Niere abgesehen, wahrscheinlich auch in der Leber. Für die Synthese der Hippursäure kommt bei Pflanzenfressern letzteres Organ unzweifelhaft mit in Betracht (W. Salomon). Bei nephrotomirten Kaninchen fand sich nach Injection von Benzoesäure Hippursäure in den Muskeln, dem Blut und der Leber. Wie für die Synthese der Hippursäure, bildet auch für die übrigen synthetischen Processe die Anwesenheit von O ein nothwendiges Postulat, da J. Munk nur bei Oxyhämoglobinhaltiger Durchströmungsflüssigkeit eine Synthese aus Phenol und Natriumsulfat durch die überlebende Niere (vom Hund) zu constatiren vermochte.

d) Dihydroxybenzole.

Im Pferdeharn tritt ferner als constanter Bestandtheil Brenzkatechinschwefelsäure auf in Begleitung von Hydrochinoschwefelsäure.

Die Brenzcatechinverbindungen lassen sich in zwei Modificationen künstlich darstellen, als brenzcatechinmonätherschwefelsaures Kali von der Zusammensetzung $C_6H_4 < {OH \atop O \cdot SO_2 \cdot OK}$ und diätherschwefelsaures Kali $C_6H_4 < {O \cdot SO_2 \cdot OK \atop O \cdot SO_2 \cdot OK}$.

Eigenschaften. Ersteres crystallisirt aus Alkohol in glänzenden, in Wasser leicht löslichen Blättchen, deren wässrige Lösung sich mit Eisenchlorid violett färbt. Die zweite Verbindung stellt ein weisses, in Wasser leicht, in Alkohol unlösliches Crystallpulver dar, welches mit Eisenchlorid keine Reaction giebt. Die wässrige Lösung des Brenzcatechin färbt sich mit verdünnter Eisenchloridlösung grün, bei Anwesenheit einer Spur Ammoniak violett, bei Zusatz von etwas grösseren Mengen Alkali braun bis schwarz. Alkalische Kupferlösung wird beim Erwärmen, Silberlösung schon in der Kälte reducirt. Essigsaures Blei fällt Brenzcatechin vollständig aus.

Darstellung. Aus Harn sind die Verbindungen als solche bisher noch nicht dargestellt worden, wohl aber deren Zersetzungsproduct das Brenzcatechin [Orthodioxybenzol $C_6H_4(OH)_2$ (1.2)] bei Destillation des Pferdeharns mit Salzsäure (Baumann).

Abgesehen von der etwa mit der Nahrung eingeführten Muttersubstanzen der Brenzkatechinverbindungen, zu denen hauptsächlich die Protokatechusäure (Dioxybenzoesäure $C_6H_3 < {(OH)_2 \atop COOH}$) zu rechnen ist, liegt die Möglichkeit vor, dass ein Theil sich durch weitere Oxydation des im Körper entstandenen Phenols bildet. Es sprechen für diese Annahme die Versuche von Baumann und C. Preusse, welche Brenzkatechin und Hydrochinon im Harn nach Phenolverabfolgung nachzuweisen vermochten bei gleichzeitiger Verminderung der im Harn wiedererscheinenden Phenolmenge. Die von Landois ausgesprochene Vermuthung, dass Brenzkatechin im Organismus sich aus zersetzten Kohle-

hydraten entwickeln konnte, da Hoppe-Seyler dasselbe durch Erhitzen von Kohlehydraten mit Wasser unter hohem Druck, sowie durch Behandlung mit Alkalien entstehen sah, lässt sich wohl kaum begründen. Das Vorkommen von Brenzkatechin ist ausschliesslich bedingt durch Umwandlung aromatischer Körper. Bei den zu verschiedenen Zwecken von Baumann und Anderen ausgeführten Fütterungsversuchen sind fast alle typischen Verbindungen der Fette und Kohlehydrate in den Kreis der Betrachtungen gezogen worden, in keinem Falle hat hierbei die Bildung von Benzolderivaten im Thierkörper nachgewiesen werden können.

Die Hydrochinonschwefelsäure kommt anscheinend wie Phenol und Indoxyl als Mono-Verbindung und zwar ebenfalls als Kalisalz im Harn vor, welches in rhombischen Tafeln krystallisirt und unter denselben Bedingungen wie die übrigen Aetherschwefelsäuren Hydrochinon (Paradioxybenzol $C_6H_4(OH)_2$ (1.4)) liefert.

Derivate. Das Hydrochinon ist in Wasser, Alkohol, Aether leicht löslich. Mit H_2S und SO_2 bildet es krystallisirende Doppelverbindungen, welche durch Wasser zersetzt werden. Alkalien, Ammoniak speciell, färben die wässrige Lösung braun. Bleiessig fällt die Lösung nur bei Gegenwart von Ammoniak. Durch Oxydationsmittel (Eisenchlorid z. B.) wird das H. in Chinon übergeführt, dabei entsteht als Zwischenproduct Chinhydron: $3C_6H_4(OH)_2 + 2O = C_6H_4O_2 + 2H_2O + C_{18}H_{14}O_4$. Chinhydron, eine Doppelverbindung von Chinon mit Hydrochinon, $C_6H_4O_2 + C_6H_6O_2$ besitzt eine grüne Farbe, die Lösungen sehen in heissem Wasser braun, in Alkohol und Aether grün aus. Chinon ($C_6H_4\langle{O \atop O}\rangle$) selbst erscheint in Lösung goldgelb und färbt sich unter Einwirkung des Sonnenlichtes braun.

Carbolharn, der sich von der Oberfläche aus dunkel färbt, enthält freies Hydrochinon neben Spuren von Brenzkatechin. Durch Schütteln mit Aether werden dem Harn diese Bestandtheile ohne Weiteres entzogen. Der Rückstand des Aetherauszuges zeigt die Reactionen des Hydrochinon. Will man das Brenzkatechin trennen, so reinigt man den Aetherauszug durch wiederholtes Lösen in Wasser und erneutes Ausschütteln, krystallisirt aber nicht aus Toluol um, wie zur Reindarstellung des Hydrochinon, sondern löst in Wasser und fällt bei neutraler Reaction mit Bleiacetat. H. bleibt in Lösung. Niederschlag abfiltrirt mit verdünnter H_2SO_4 zerlegt, mit Aether extrahirt, verdunstet, ergiebt das Brenzkatechin.

Auf das Vorhandensein der Dihydroxyle ist auf die von der Oberfläche aus entstehende dunkle Verfärbung des normalen Pferdeharns zurückzuführen.

e) Chinolinderivate.

Als aromatischer Bestandtheil des normalen Hundeharns verdient die Kynurensäure noch genannt zu werden.

Kynurensäure $C_{10}H_7NO_3 + 2H_2O$ (Oxychinolincarbonsäure)

```
            H         COOH
            |          |
            C          C
          /   \      /   \
     H—C          C          C—OH
        |          |          |
     H—C          C          C—H
          \   /      \   /
            C          N
            |
            H
```

stellt eine in vierseitigen, durchsichtigen Prismen crystallisirende einbasische Säure dar, welche von Liebig im Hundeharn aufgefunden wurde. Auf 265° erhitzt, zerfällt die Kynurensäure in CO_2 und Kynurin (wahrscheinlich β-Oxychinolin C_9H_7NO), welches mit Zinkstaub destillirt reines Chinolin liefert. Das von Skraup durch Oxydation der Cinchoninsäure (γ-Chinolincarbonsäure) erhaltene Kynurin ist mit dem aus Hundeharn darstellbaren identisch. — Zu ihrer Darstellung versetzt man den Hundeharn mit ein Zehntel Volumen Salzsäure und Phosphorwolframsäure (F. Hofmeister). Der Niederschlag wird mit verdünnter Schwefelsäure (1 : 20) ausgewaschen, abgepresst, mit Barytwasser und Baryumhydrat verrieben, gekocht und filtrirt. Zur Entfernung des überschüssigen Baryt leitet man CO_2 ein, entfernt das gebildete Baryumcarbonat durch Filtriren, dampft ab und zerlegt das kynurensaure Baryum mit Salzsäure. Umcrystallisiren erfolgt aus heissem Alkohol. — Der qualitative Nachweis gelingt, wie Jaffe angiebt, nach Eindampfen mit HCl und $KClO_3$ zur Trockne. Der röthliche Rückstand zeigt bei Anwesenheit von Kynurensäure auf Zusatz von NH_3 eine braungrüne, schliesslich smaragdgrüne Färbung.

Bisweilen fehlt dieser Körper im Urin vollständig. Meist findet jedoch die Ausscheidung selbst im Hungerzustand statt und wird dieselbe durch Verabfolgung von Calomel behufs Unterdrückung der Darmfäulniss nicht aufgehoben, ein Beweis für die Unabhängigkeit der Entstehung der K. von der Darmfäulniss. Beobachtungen von Voit, Riederer und Baumann haben ergeben, dass die Ausscheidung der K. in gewissem Verhältniss zu der Menge des umgesetzten Eiweiss steht, so dass sie als ein in den Geweben des Körpers sich bildendes Umsetzungsproduct des Eiweiss aufgefasst werden muss. Dass sich indess auch durch Darmfäulniss ein gewisses Quantum an Kynurensäure bilden kann, geht aus den Beobachtungen von M. Haagen hervor, welcher nach Verfütterung von rohem Fleisch 0,406 *g* im Tagesharn eines Hundes fand, nach gekochtem Fleisch hingegen nur 0,24 *g*.

IV. Anderweitige organische Substanzen.

1. Harnfarbstoffe. Unter diesem Namen sind von verschiedenen Autoren Substanzen im normalen Harn beschrieben worden, welchen sämmtlich bis auf eine einzige, das Urobilin, auf Grund eingehender Nachprüfung die Existenzberechtigung als besondere chemische Individuen nicht zuerkannt werden kann.

Diese Substanzen, denen nur noch historisches Interesse abzugewinnen ist, sind folgende: Urochrom, amorphe, gelbe, in Wasser leicht lösliche Substanz, liefert bei der Zersetzung Uropittin neben freier Säure; Uromelanin, eine schwarze aus dem Harn durch Erhitzen mit Säuren zu erhaltende Masse. Uroglaucin, Uroxanthin und Urorhodin (Heller) haben sich als identisch mit Zersetzungsproducten der Indoxylschwefelsäure erwiesen. Die Herkunft des durch seine Absorptionsstreifen characterisirten Urobilin, dessen Reindarstellung aus dem Harn bisher auch noch nicht gelungen ist, darf als sicher festgestellt angesehen werden. Nach der Entdeckung des Urobilin im Fieberharn durch Jaffe gelang es Maly aus Bilirubin durch Reduction mit Natriumamalgam diesen Farbstoff zu erhalten, daher die zweite

Bezeichnung Hydrobilirubin. Die Reduction des Bilirubin im Organismus vollzieht sich durch den bei der Darmfäulniss entstehenden Wasserstoff. Im Pferdeharn soll nach den Untersuchungen von Disqué das Urobilin fehlen. Für alle Fälle hat man bei Urobilinuntersuchungen mit der Thatsache zu rechnen, dass dieser Farbstoff allmählich, beim Erhitzen rasch in eine Modification übergeht, welche zwar noch gefärbt ist, aber keinen Absorptionsstreifen zeigt und auch die übrigen charakteristischen Eigenschaften des Urobilin (Fluoresceuz mit Chlorzink und Ammoniak, Löslichkeit in Chloroform nach Ansäuern alkoholischer Extracte etc.) vermissen lässt (E. Salkowski). Udránszky betrachtet alle Farbstoffe ausser Indigo und Urobilin als mehr oder weniger verunreinigte Huminsubstanzen. Wahrscheinlich wird die gelbe Farbe des normalen Harns durch Huminsubstanzen bedingt, denn aus unzersetztem Pferdeharn konnte durch Fällen mit Bleiacetat Zersetzung mit Natriumcarbonat, Fällen durch Kalk eine Substanz dargestellt werden, welche dieselben Zersetzungsproducte gab als Huminsubstanzen überhaupt. Bezüglich eines neuen von Giacosa nachgewiesenen eisenhaltigen Harnfarbstoffs ist auf das bei »Eisen« Erwähnte zu verweisen.

2. Fermente. Spuren von Fermenten sind bisher ausser im menschlichen Harn in dem des Kaninchens und Hundes nachgewiesen. Das verdauende Ferment des Magensaftes fand Brücke zuerst im menschlichen Harn, v. Wittich und Grützner bestätigten das Vorkommen. Durch einige quantitative Untersuchungen von Sahli unter Anwendung der Verdauungsmethode von Grützner wurde constatirt, dass der Harn den grössten Pepsingehalt des Morgens besitzt; das Minimum fällt stets in die Stunde nach dem Mittagessen. Weitere Versuche von Sahli und Gehrig gestatten auch den Schluss, dass sich Trypsin im normalen Harn vorfindet. Der grösste Theil des resorbirten Trypsin wird nach H. Hoffmann durch Leber, Milz und Nieren zurückgehalten und grösstentheils zerstört. Gehrig gelang es, ein diastatisches Ferment im menschlichen Harn und das Vorkommen aller drei Fermente im Harn des Hundes nachzuweisen, das diastatische in sehr geringer Menge. Der relative und absolute Gehalt an Fermenten ist am kleinsten einige Stunden nach der Fütterung. Im normalen Kaninchenharn lassen sich nach reichlicher Nahrungszufuhr nur kleine Quantitäten von Trypsin und diastatischem Ferment auffinden, Pepsin scheint in diesem Falle zu fehlen. Nach nicht allzulangem Hungern enthält der Harn des Menschen, Hundes und Kaninchens alle drei Fermente in reichlicher relativer und absoluter Menge. Die Fermente werden mit grösster Wahrscheinlichkeit nicht wie Sahli annimmt fertig gebildet vom Darmkanal aus, sondern Gehrig's Ermittelungen zu Folge hauptsächlich in den Drüsen selbst in ihrer Vorstufe als Zymogene vom Blut aufgenommen. Hierfür spricht die Beobachtung, dass nach Nahrungsaufnahme, welche eine Abführung der Drüsensecrete nach dem Darm bewirkt, die resorbirte im Harn als fertig ausgebildete Fermente erscheinende Quote der Fermentvorstufen dementsprechend sinkt.

Normaler, menschlischer Harn coagulirt frische Milch, ein Verhalten, das Holovtschiner auf die Anwesenheit von Labferment zurückführt. Der Gehalt daran ist 4—6 Stunden nach der Nahrungsaufnahme am grössten, 1—2 Stunden nach dem Essen am geringsten.

3. Mucin ist spurweise in jedem nicht allzusehr verdünnt abgesonderten Harn nachweislich vertreten und kann deshalb auch zu den normalen Harnbestandtheilen gezählt werden.

Nachweis. Aus seinen (uneigentlichen) Lösungen, demnach auch aus Harn, wird das Mucin durch Essigsäure und Weinsäure gefällt, ein Ueberschuss derselben löst den entstandenen Niederschlag, der meist nur als Trübung erscheint, nicht wieder auf. Zu berücksichtigen bleibt, dass grössere Mengen Alkalisalze den Eintritt der Trübungen verhindern. W. Eber empfiehlt daher, den zu untersuchenden Harn bis zu 1018—1020 specifischen Gewichts zu verdünnen.

Eigenschaften. Unter Einwirkung von Kupfersulfat in stark alkalischer Lösung wird aus Mucin ein Kohlehydrat abgespalten, welches mit arabischem Gummi alle Eigenschaften theilt und von Landwehr als thierisches Gummi bezeichnet wird. Dieses Gummi könnte eventuell zur quantitativen Bestimmung des Mucin benutzt werden. Jedenfalls dürften alsdann die Analysen vertrauenerweckender ausfallen als diejenigen v. Bibra's, der so ziemlich gleichmässig für 1000 Theile Harn beim Pferd 0,05—0,06, Rind 0,06—0,07, Ziege 0,05—0,06, Schwein 0,05—0,07 pCt. angiebt, wohingegen Sprengel für das Rind 0,019 pCt. gefunden hat. Ausserdem ist bekannt, dass der Harn des Pferdes normal schon ohne Weiteres durch die stark fadenziehende, oft gelatinöse Beschaffenheit einen relativ hohen Mucingehalt verräth und auch wirklich besitzt, wie aus den nicht unbedeutenden Quantitäten Gummi, die sich nach dem Verfahren von Landwehr daraus gewinnen lassen, hervorgeht. Aus der fadenziehenden Beschaffenheit kann man nur mit einer gewissen Reserve auf hohen Mucingehalt schliessen, da das Mucin in alkaliarmen Flüssigkeiten dickflüssiger erscheint als in alkalireichen (Werther) und auch die Epithelien auf die Consistenz des Harns nicht einflusslos sind (Eber). Der saure Harn des Pferdes zeigt weniger grosse Consistenz, ist dünnflüssiger; ob in diesem Falle, ebenso bei fieberhaftem Zustande, eine Verminderung im Mucingehalt die Ursache für die verminderte Consistenz abgiebt, ist noch nicht untersucht Bei katarrhalischen Zuständen in den harnabführenden Wegen der übrigen Hausthiere, besonders der Harnblase, findet nach Siedamgrotzky und Hofmeister eine vermehrte Schleimabsonderung statt. Bei Vorhandensein von Polyurie wird die Verdünnung des Harns so gross, dass das Mucin seinen Einfluss auf die Harnconsistenz verliert.

4. Schwefelhaltige organische Substanzen. Wird die im Harn enthaltene an organische und anorganische Substanzen gebundene Schwefelsäure nach Zusatz concentrirter Salzsäure durch Bariumchlorid ausgefällt, so kann man aus dem Trockenrückstand des Filtrates durch energische Oxydation (Zusammenschmelzen mit Salpeter) weitere Schwefelsäuremengen gewinnen. In derjenigen organischen Substanz, welche die von E. Salkowski als »neutralen« neuerdings als »organischen Schwefel« bezeichneten Schwefelquantitäten liefert und durchaus nicht mit dem präformirten oder an aromatische Substanzen gebundenen sogenannten: »sauren Schwefel« zu verwechseln ist, wurde früher schon Cystin

$$
\begin{array}{ccc}
COOH & & COOH \\
NH_2 \cdot C \cdot S - & & S \cdot C \cdot NH_2 \\
CH_3 & & CH_3
\end{array}
$$

vermuthet. Fütterungsversuche von Goldmann mit Cystin bei Hunden lieferten insofern eine Bestätigung, als der Gehalt des nicht oxydirten Schwefels im Harn anstieg und zwar um $1/3$ des Schwefelgehaltes des verabfolgten Cystins. Das Cystin bildet die wesentlichste aber nicht die alleinige Quelle für den neutralen Schwefel (vergl. S. 359 Rhodankalium, S. 376 Taurin). Relativ reichlich kommen schwefelhaltige organische Substanzen im Fleischfresserharn vor, besonders nach Phosphorsäurevergiftung, wonach die Cystinmenge um das Fünffache ansteigt.

Durch Reduction mit Zinn und Salzsäure entsteht aus dem Cystin das Cystein (Thioamidopropionsäure $CH_3 - C(NH_2)(SH) - COOH$). Bei der Cystinurie des Menschen fanden v. Udránszki und E. Baumann als constante Begleiter des Cystin Pentamethylendiamin $(CH_2)_5 \cdot (NH_2)_2$ auch Cadaverin genannt und Tetramethylendiamin $(CH_2)_4 \cdot (NH_2)_2$ (Putrescin). Durch Zersetzung der organischen S-haltigen Harnbestandtheile unter Einwirkung von Fäulnissfermenten oder durch Erhitzen frischen Harns, kann bei Anwesenheit genügender Mengen der genannten Substanzen Schwefelwasserstoffentwickelung eintreten (J. Müller).

B. Anorganische Bestandtheile.

In gleicher Art wie der Organismus sich der nicht mehr verwendbaren und überschüssigen, in das Blut gelangten organischen Stoffe durch den Harn entledigt, geschieht dies auch mit Bezug auf die anorganischen. Unter den verschiedensten Ernährungsbedingungen müssen die Nieren auch dieser Aufgabe gerecht werden; im Hungerzustand sowohl als auch bei jeder beliebigen rationellen Fütterungsmethode werden anorganische Bestandtheile im Harn angetroffen, wenngleich in wechselnden Quantitäten.

Es könnte auffallend erscheinen, dass auch der Urin des hungernden Thieres anorganische Stoffe enthält. Dieser Umstand findet seine Erklärung in dem normalen Salzgehalt der thierischen Zelle. Ein hungernder Organismus verbraucht zu seiner Erhaltung Material, welches vom eigenen Zellbestande geliefert wird. Mit dem Zerfall der organischen in Circulation gelangten Materie kommen jene zur Constitution des Protoplasma gehörigen Salze gleichfalls in Circulation und finden, wie aus Untersuchungen von C. von Voit hervorgeht, theilweise im Körper selbst weitere Verwendung, theils gelangen sie mit dem Harn nach aussen. Auf diese Weise verarmt der Organismus nicht nur an organischem, sondern auch an anorganischem Material. Selbstverständlich hält sich die absolute Menge der anorganischen Bestandtheile des Harns nicht auf gleicher Höhe mit der bei normaler Ernährung auftretenden. Erfolgt nach längerer Hungerzeit Zufuhr an Nahrung in der gewöhnlichen Weise, so findet trotzdem noch nicht ein sofortiges Ansteigen der Salze im Harn statt bis zur früheren Durchschnittsmenge; es ergänzt der Organismus zunächst seinen während der Hungerperiode

erlittenen Salzverlust, und dann erst stellt sich das vorige normale Verhältniss wieder her. Bei relativer Vermehrung des Salzgehaltes der Nahrung nimmt auch die Quantität der anorganischen Substanz im Harn zu.

Die Ermittelung der Salze des Urins geschieht nach den bei der chemischen Analyse gebräuchlichen Methoden. Die Art und Weise der Untersuchung bringt es mit sich, dass wir wohl die vorhandenen Quantitäten an Säuren und Basen in Erfahrung zu bringen vermögen, aber nur annähernd anzugeben in der Lage sind, wie die Säuren und Basen sich im Harn zu Salzen gruppiren.

Nach Salkowski ist in einer jeden derartigen Flüssigkeit ein unter allen Umständen stabiles Gleichgewicht unter den Componenten der Salze überhaupt nicht vorhanden; es ändert sich die Natur der chemischen Verbindungen unter Einfluss der physikalischen Bedingungen, welchen die betreffende Flüssigkeit ausgesetzt wird. In einer Lösung von Chlorkalium und salpetersaurem Natron z. B., bildet sich auch salpetersaures Kali und Chlornatrium. Es geht dies daraus hervor, dass beim Eindampfen zuerst Chlornatrium auskrystallisirt und salpetersaures Kali in der Lauge zurückbleibt. Der Salzgehalt des Urins entzieht sich aus diesen Gründen der direkten Ermittelung. Das hierüber Bekannte beruht auf Combinationen, welchen sich eine gewisse Berechtigung nicht absprechen lässt. Zur Erörterung dieser Punkte ist es am zweckmässigsten, an die durch chemische Analyse ermittelte Grundlage anzuknüpfen.

Die Gesammtquantität der Aschenbestandtheile des Urins beträgt etwa ein Drittel sämmtlicher festen Stoffe. Gewöhnlich trifft man noch eine Scheidung in lösliche und unlösliche Salze. Derartige Bestimmungen können naturgemäss nur an dem nach Abdampfen zur Trockne erhaltenen Rückstande ausgeführt werden, wobei nach dem oben angeführten die Verhältnisse wesentliche Verschiebungen erleiden können. Zur gesonderten Betrachtung der löslichen und unlöslichen Bestandtheile liegt demnach eine begründete Veranlassung nicht vor.

a) Säuren.

1. Salzsäure. Dieselbe prävalirt gegenüber der Menge der übrigen Säuren in nicht unerheblicher Quantität. Ein spontanes Absinken der Chlorausscheidung deutet nach den bei Warmblütern durchweg gemachten klinischen Erfahrungen auf bestehende fieberhafte Processe hin.

Aus der Verringerung der Nahrungsaufnahme allein lässt sich die mitunter hochgradige Unterdrückung der Cl-Ausfuhr nicht erklären. Etwas Sicheres über die ursächlichen Verhältnisse dieser Verminderung ist nicht bekannt. Röhmann vermuthet eine Retention von Chloriden durch das im Blut relativ vermehrte auftretende circulirende Eiweiss. Die im Harn ermittelten Cl- oder HCl-Quantitäten sind ohne Zweifel zum weitaus grössten Theil mit Natrium zu Kochsalz verbunden zu

denken, ein kleinerer Theil mit Kalium resp. Ammonium. Vermehrung des Kaligehaltes der Nahrung hat nach den Versuchen von Bunge eine Steigerung des Chlorgehaltes des Urins zur Folge, selbst dann, wenn das Kali nicht als KCl eingeführt wird. Diese Erscheinung muss als eine Folge der chemischen Umsetzung zwischen den Kalisalzen und den im Organismus vorhandenen NaCl-Mengen betrachtet werden; das sich bildende KCl findet im Organismus keine Verwendung, und entledigt sich derselbe des Ueberschusses an diesem Salz durch Vermittelung der Nieren. Eine unerhebliche Quantität Cl findet sich nach Steinauer in Verbindung mit einer noch nicht ermittelten organischen Substanz constant im normalen Harn, einer Substanz, welche nach A. Kast durch Chloroformirung vermehrt werden kann. Das Vorkommen von Salzsäure im Urin hängt immer zusammen mit dem Kochsalzgehalt der Nahrung, wie dies die Untersuchung des Harns hungernder oder mit salzarmer Kost gefütterter Thiere erweist. Hierbei hat man zu berücksichtigen, dass nach mehrtägigem Kochsalzhunger in Folge einer Kochsalzzufuhr von 0,5—1,0 *g* pro Kilo mit der Nahrung bis zu 16 Stunden ein trüber, alkalischer, an Carbonaten reicher Harn ausgeschieden wird. Entzieht män das Salz wiederum, so entleert das Versuchsthier einen stark sauren Harn. Zweifellos hat somit der Organismus zunächst seinen Cl-Vorrath ergänzt, das überschüssige Alkali entfernt, um später bei neu eingetretenem Kochsalzhunger sich der in organischer Bindung circulirenden Chloride zu entledigen. Im Hungerharn nach längerer totaler Nahrungsentziehung finden sich nur geringe Mengen von Chloriden, deren Auftreten sich nach dem bereits oben Angeführten unschwer erklären lässt.

2. Schwefelsäure. Nächst der Salzsäure kommt im Urin, namentlich in dem der Pflanzenfresser, speciell beim Pferd, Schwefelsäure in Betracht. Die Formen, in welchen letztere im Harn erscheint, sind verschieden. Ein Theil, zumeist der grössere, tritt in Verbindung mit Basen als »präformirte Schwefelsäure«, ein weiterer, bei den Pflanzenfressern etwa die Hälfte der »präformirten« betragender Theil, als gepaarte, gebundene oder sogenannte Aetherschwefelsäure auf. Säuert man den Harn mit concentrirter Salzsäure an und fällt mit Chlorbarium, so erhält man die gesammte Menge an präformirter und gebundener Schwefelsäure, den oxydirten, sauren oder anorganischen Schwefel«. Weitere nach Ausfällen des »sauren Schwefels« durch Zusammenschmelzen des Trockenrückstandes mit Salpeter zu gewinnende Quantitäten an Schwefelsäure können nicht auf vorher im Harn enthaltene Schwefelsäure bezogen werden und finden nur bei Bestimmungen Berücksichtigung, wo es sich um Ermittelung des Gesammtschwefels handelt. Im Fleischfresserurin kommt häufig neben den bisher genannten Schwefelverbindungen noch unterschweflige Säure in Verbindung mit Basen vor. Es bildet sich dieselbe wahrscheinlich aus schwefelhaltigen Substanzen, Isäthionsäure z. B. durch reducirende Gährungsvorgänge im Darm. Bei Fleischfütterung findet sich unter-

schweflige Säure nach den Versuchen Hefflers constant, im Hungerharn fehlt sie. Auch beim Kaninchen constatirte Salkowski nach Taurinfütterung unterschweflige Säure im Harn, nach Injection von Taurin dagegen nicht. Bei der Gruppirung des Schwefels in »anorganischen und organischen« würde der S der unterschwefligen Säure natürlich dem anorganischen zu subsumiren sein. Die Sulfate des Harns verdanken ihre Entstehung zum allergrössten Theil dem im Eiweiss enthaltenen Schwefel, welcher bei Zerfall des Eiweissmolecüls resp. bei Zersetzung der Spaltungsproducte das Eiweiss oxydirt wird. Es geht das schon daraus hervor, dass die Schwefelsäureausscheidung im Grossen und Ganzen in ziemlich demselben Maasse steigt und sinkt als die Harnstoffmenge. Die Spaltungsproducte des Eiweiss, aus denen die Schwefelsäure sich entwickelt, sind nicht genau gekannt. Vermuthlich bilden die schwefelhaltigen organischen Körper geringe Ueberreste jener als directe Quelle der Schwefelsäure fungirenden Verbindungen, welche der Oxydation entgangen sind.

A. Krüger unterscheidet im Eiweiss locker gebundenen, durch basiches Bleiacetat fällbaren Schwefel und fest gebundenen, welcher auch durch Kochen mit Aetzlaugen den Eiweisskörpern nicht entzogen werden kann. Da bei Bestimmung des Gesammtschwefels im Eiweiss durch Schmelzen mit Kali kein schwefligsaures Salz, sondern nur Schwefelmetall gefunden wird, muss man den Schwefel im Eiweiss in Bindungen nach Art der Thioäther oder Thiosäuren annehmen. Erst durch Oxydation im Thierkörper erhält der Schwefel des Eiweiss die Eigenschaften einer Säure.

Der letztgenannte Process nimmt zweifellos in den Parenchymen selbst seinen Verlauf; der entstandenen Schwefelsäure wird aber sofort durch die disponiblen Basen resp. aromatischen Gruppen ihre Säurenatur geraubt. Bei Fleischfressern bindet Ammonium, bei Pflanzenfressern vorzugsweise Kali und Natron die gebildete Säure. Die mit der gewöhnlichen Nahrung eingeführten minimalen Mengen schwefelsaurer Salze erscheinen unverändert im Harn. Von den organischen Substanzen liefert Taurin resp. isäthionsaures Ammoniak nachweislich Schwefelsäure nur beim Pflanzenfresser (Kaninchen), beim Hund geht dasselbe grösstentheils in eine Uramidosäure über, welche unverändertes Taurin enthält.

3. Phosphorsäure. Im Harn der Fleischfresser prävalirt die Phosphorsäure gegenüber der Schwefelsäure, im Pflanzenfresserurin treffen wir gewöhnlich auf umgekehrte Verhältnisse. Massgebend für die im Harn vorhandene Phosphorsäuremenge erscheint in erster Linie die Nahrung. Vielfach hat man aber Gelegenheit zu constatiren, dass trotz eines relativ grossen Phosphorsäurereichthums der Futtermittel der Harn wenig Phosphorsäure enthält. Zu den Factoren, welche die Resorption der Phosphate und damit die Ausscheidungsgrösse durch die Nieren erheblich beeinflussen, sind noch zu rechnen die im Darmkanal herrschenden Reactionen und der Kalkgehalt des Futters. Es kann als Regel hingestellt werden, dass in allen jenen Fällen, wo der Darminhalt vorherrschend alkalisch reagirt und gleichzeitig Kalksalze in ge-

nügender Menge vorhanden sind um die disponible Phosphorsäure zu binden, letztere den Organismus hauptsächlich in Form von dreibasischem Kalk- resp. Magnesiumphosphat vom Darm aus verlässt und nicht durch den Harn.

Hierbei macht es keinen Unterschied, ob es sich um einen Pflanzenfresser handelt oder um einen Fleischfresser, bei welchem die angedeuteten Bedingungen künstlich herbeigeführt sind. Da auch im Hungerharn stets Phosphorsäure in geringer Menge vorkommt, muss man annehmen, dass die phosphorhaltigen Gewebe des Körpers sich ebenfalls am Stoffwechsel betheiligen, derart, dass bei ihrem Zerfall Phosphorsäure entsteht. Welche Gewebe dabei betroffen sind, in welchem Umfang diese Betheiligung stattfindet, ob ein Theil der beim Zerfall der Nucleine, Lecithine eventuell des Knochengewebes sich bildenden Phosphorsäure im Körper wiederum verwendet wird, ist zur Zeit nur in geringem Grad aufgeklärt (cf. Stoffwechsel). Ueber die im Harn auftretenden Verbindungen der Phosphorsäure entscheidet die Reaction des Harns. Mit Hoppe-Seyler darf man annehmen, dass bei saurer Reaction des Harns die Phosphorsäure wenigstens theilweise als saures Salz und zwar als NaH_2PO_4 oder als $Ca(H_2PO_4)_2$ in ihm enthalten ist. Nach A. Ott kommen ca. 60 pCt. der Gesammtphosphorsäure des Tagesharn auf saure, der Rest auf neutrale Phosphate. Nachmittags ist der Gehalt an neutralem Phosphat grösser als in der Nacht oder dem Vormittagsharn. Bei neutraler Reaction sind neben den genannten sauren Salzen die Verbindungen Na_2HPO_4, $CaHPO_4$, $MgHPO_4$ in relativ grösserer Menge vorhanden. Endlich bei alkalischer Reaction können vielleicht die Verbindungen Na_3PO_4, $Ca_3(PO_4)_2$, $Mg_3(PO_4)_2$ darin bestehen. Hiermit ist aber die Zahl der im Harn vorkommenden Phosphate nicht erschöpft, da Ammoniak, Kreatin, selbst Harnstoff im Harn an Phosphorsäure gebunden auftreten können. Erwähnt zu werden verdient noch das von Fleischer beobachtete Verhalten der Phosphorsäureausscheidung bei Nierenerkrankungen. Während Salicylsäure, Jod- und Bromkalium ebenso rasch und vollständig ausgeschieden werden wie von Gesunden, ergab sich bei Darreichung des phosphorsauren Natrons ein wesentlich anderes Verhältniss der Excretion. Giebt man dasselbe nämlich in derselben Dosis einem Gesunden und Nierenkranken, so wird es vom Gesunden in 24—60 Stunden vollständig ausgeschieden, während es beim Kranken nur zum geringsten Theil im Urin erscheint, vielmehr fast ganz im Körper zurückbleibt. Ob etwas ähnliches bei den Hausthieren zu constatiren ist, müssen künftige Untersuchungen lehren.

4. Kohlensäure. Dieselbe lässt sich im Harn theils absorbirt, theils in gebundener Form nachweisen. Durch Auspumpen mit der Quecksilberluftpumpe erhielt Morin aus dem menschlichen Urin 1,6 Vol.-pCt. CO_2. Nach anstrengender Muskelthätigkeit steigt die absorbirte CO_2 bis auf das Doppelte an.

An gebundener Kohlensäure wird der Harn nach Genuss vegetabi-

lischer Nahrung relativ reich und zwar durch Oxydation der in der Pflanzenkost enthaltenen organischen Salze (Milchsäure, Weinsäure, Citronensäure, Aepfelsäure, Bernsteinsäure, an Alkalien und alkalische Erden gebunden). Die im Urin enthaltenen Carbonate bestehen aus einem Gemisch saurer und neutraler Carbonate von Natrium, Calcium, Magnesium eventuell Ammonium. Durch Kochen entweicht ein Theil der locker gebundenen Kohlensäure, vielfach schon durch Stehen an der Luft. In Folge dessen sedimentiren bei Anwesenheit von Kalk, z. B. im Pferdeharn, die neutralen Erdcarbonate, welcher Vorgang nicht selten schon innerhalb der Blase eintritt. Der letzterwähnte Zustand führt zu Erscheinungen, welche beim Menschen als Phosphaturie bezeichnet werden. Der entleerte Urin zeigt milchige Beschaffenheit und lässt beim Stehen rasch ein mächtiges, theils staubförmiges, theils feinkörniges Sediment fallen, welches aus amorphen Erdphosphaten, keilförmigen Crystallen von neutralem phosphorsaurem Kalk, kugelig geformten Kalciumcarbonat, Tripelphosphat, Oxalaten etc. bestehen.

6. Salpetersäure. Auch die Salze der Salpetersäure sind ein Bestandtheil des normalen Harns. Im Hundeharn vermisste Weyl und Citron dieselben. Röhmann constatirte das Vorkommen im Harn des Kaninchens bei Pflanzenkost in reichlicher Menge; nach Fütterung mit Milch und Brod, in welchem die Nitrate fehlen, verschwand auch die Salpetersäure aus dem Harn; ein Beweis, dass ihr Ursprung auf die Nahrung zurückzuführen ist.

7. Kieselsäure. In gleicher Weise wie das Vorkommen der Salpetersäure wird ebenfalls das Auftreten der Kieselsäure durch die Einfuhr mit der Nahrung zu erklären sein. Die Menge beträgt nach Löbisch im Menschenharn 0,03 *g* pro Liter; im Harn der Pflanzenfresser ist die Quantität eine etwas erheblichere, wie sich aus den bei den einzelnen Thierharnen angeführten Aschenanalysen ergiebt.

b) Basen.

1. Natrium und Kalium. Beide Basen finden sich in wechselnder Menge in jedem Harn und zwar in Verbindung mit Chlor, Phosphorsäure, Schwefelsäure eventuell Kohlensäure.

Einerseits entstammen sie der Nahrung, andererseits dem Organismus. In der Pflanzenkost überwiegen die Kaliverbindungen. Die auf Rechnung zerfallener Gewebsbestandtheile zu setzenden Antheile beider Basen vertheilen sich auf die Zerfallproducte der Parenchyme und jener in der circulirenden Säftemasse befindlichen Stoffe. Erstere sind reicher an Kalium (Muskelsubstanz enthält z. B. 5—6 mal soviel K als Na), bei letzteren überwiegen die Natriumverbindungen; es beträgt die Gesammtmenge des Natrium im Blut etwa das Dreifache des vorhandenen Kali. Im Hungerzustande wird Na in verhältnissmässig geringerer Quantität ausgeschieden als K, ebenso im Fieber. Einführung freier Mineralsäuren in der Nahrung hat beim Pflanzenfresser (Kaninchen) eine entsprechende gleichzeitige Vermehrung des Gehaltes an Kali und Natron

im Harn zur Folge, beim Fleischfresser nimmt zwar die Menge dieser Basen ebenfalls zu, aber doch nicht in dem Maasse, dass die im Harn bei derartigen Versuchen auftretenden Säuremengen dadurch auch nur annährend gesättigt sein können. Die Neutralisirung geschieht beim Fleischfresser durch eine in zweiter Linie zu erwähnende Base:

2. Das Ammonium. Wie Walter ermittelte, steigt die Ausfuhr nach Einführung von Säure an. In gewissem Sinne ist die Ammoniumausscheidung abhängig von der Nahrung. Coronda constatirte die grösste Menge von Ammonium im Harn bei Fleischkost, eine geringere bei gemischter, eine noch weiter verringerte bei Pflanzenkost. Im Kaninchenharn fehlen Ammoniumsalze so gut wie ganz, beim Pferde sind solche in nachweisbarer Menge vorhanden, welche zum grossen Theil aus Carbonaten bestehen (O. Kellner). Ein Theil der im frischen Harn nachzuweisenden Ammoniumverbindungen ist sicher als Zerfallproduct von Eiweiss aufzufassen, da auch im Hungerharn Ammonium nicht vermisst wird.

Der Versuch mit künstlicher Steigerung der Ammoniumausscheidung beim Fleischfresser weist darauf hin, dass normalirter grössere Quantitäten von Ammonium gebildet, gewöhnlich aber zu Harnstoff umgesetzt werden; diese Vermuthung findet eine Stütze in dem Umstande, dass kohlensaures oder pflanzensaures Ammonium verfüttert als Harnstoff im Harn wiedererscheint. Bei Anwesenheit der Mineralsäuren erfolgt eine sofortige Bindung zu Ammoniumsalz, bevor eine Umformung zu Harnstoff stattgefunden hat. Der Pflanzenfresserorganismus verhält sich in dieser Beziehung anders; eine Zunahme an Ammonium bleibt aus, so dass man auch bei vorhandenem Ueberschuss an eine Bildung von Harnstoff aus Ammonium zu denken gezwungen ist.

3. Calcium und Magnesium. Die Bedingungen, von welchen die Quantität der im Harn auftretenden Kalksalze und der in ihrer Begleitung erscheinenden Magnesiumverbindungen abhängen, werden etwas complicirt durch die verschiedenartige Löslichkeit der meisten derartigen Verbindungen in den thierischen Flüssigkeiten. Im Allgemeinen richtet sich die im Harn nachweisbare Menge nach der mit dem Futter aufgenommenen Quantität, ganz besonders aber nach der Art der im Futter enthaltenen Verbindung resp. dem im Darmtractus disponiblen Säurequantum. Zu beachten bleibt, dass die Kalksalze der Nahrung überwiegend in unlöslicher Form in den Organismus gelangen als dreibasisch phosphorsaurer, schwefelsaurer, kohlensaurer resp. pflanzensaurer Kalk. Die Hauptmasse der eingeführten Kalkverbindungen verlässt den Organismus mit den Faeces. Eine relative Zunahme der Kalksalze im Urin tritt ein nach Einverleibung verdünnter Salzsäure (Scheteliq), nach Verfütterung von Chlorcalcium (Perl) einbasisch phosphorsaurem Kalk (Tereg und Arnold), kohlensaurem Kalk (Riesell, Soborow, Bertram) insbesondere bei gleichzeitiger reichlicher Aufnahme von Getränk. Die Verbindungen, in welchen der Kalk im Urin enthalten ist, können sehr verschieden sein. Bei Anwesenheit

von Alkaliphosphaten tritt nachweislich Kalk gleichfalls als phosphorsaure Verbindung auf, so namentlich im Fleischfresserurin; im Harn der Pflanzenfresser erscheint der Kalk an Kohlensäure, Oxalsäure und Hippursäure gebunden, selten an Schwefelsäure. Hoppe-Seyler erwähnt das Vorkommen von Calcium- und Magnesiumurat im Harn. Magnesia bildet ausser den analogen Salzen bei Anwesenheit von Ammoniumsalzen phosphorsaure Ammoniak-Magnesia, das sogenannte Tripelphosphat. Im normalen menschlichen Urin überwiegen vielfach Magnesiaverbindungen gegenüber denen des Kalks, im Pflanzenfresserharn fast immer die Kalksalze. Nach Verfütterung von Kleie nimmt die relative Menge der Magnesiaverbindungen zu.

4. Eisen. Untersuchungen des Hundeharns durch Hamburger und des Pferdeharns durch John ergaben normale Ausscheidungen geringer Mengen Eisen aus dem Organismus mittelst des Harns. Der Nachweis gelingt nicht durch Ausfällen mit Schwefelammonium, erst nach der Veraschung des Trockenrückstandes lässt sich dasselbe in Form von Schwefeleisen erhalten, ein Beweis, dass das Eisen an organische Substanzen gebunden war. Giacosa konnte aus Harn des Menschen, des Hundes und Kaninchens durch Ausschütteln mit Amylalkohol und Fällung mittelst basischen Bleiacetats ein rosarothes, in Aether und Chloroform grünflorescirendes Chromogen gewinnen, dessen Asche (0,45 pCt.) fast ganz aus Eisen besteht. J. Munk constatirte nach Einführung von Eisenverbindungen eine grössere Intensität in der Färbung des entleerten Urins.

c) Gase.

Der Anwesenheit von Kohlensäure im Harn wurde bereits früher gedacht. Ausser diesem Gase ist von Schönbein das Vorhandensein von Wasserstoffsuperoxyd constatirt; ferner finden sich noch Sauerstoff und Stickstoff spurenweise im Urin absorbirt vor.

Normaler Harn der einzelnen Haussäugethiere.

Pferdeharn. Die allgemeine Beschaffenheit des normalen Pferdeurins variirt innerhalb ziemlich weiter Grenzen und richtet sich im Wesentlichen nach der Art der Fütterung.

Bei ausschliesslicher Verabreichung von Stroh und Heu insbesondere Bohnen- resp. Erbsenstroh eventuell Kleeheu reagirte in den Fütterungsversuchen von E. Wolff der Harn stets alkalisch, während bei Haferfütterung der in geringer Menge abgesonderte Harn trübe und sauer war. In beiden Fällen kann der Harn fadenziehend erscheinen, der saure Urin zeigt diese Eigenschaft gewöhnlich in weniger hohem Maasse. Vielfach findet sich im Harn schwarze pigmentirte Schollen, aus Smegma und Epithelien bestehend. Derartige Verunreinigungen sind vor einer beabsichtigten Harnuntersuchung selbstverständlich durch Filtriren zu entfernen. Concentrirtere Harne filtrirt man durch mehr-

fach zusammengelegte Gaze oder verdünnt mit Wasser auf das doppelte eventuell dreifache Volumen, falls man Filtrirpapier zu verwenden beabsichtigt.

Ueber die Factoren, von welchen das Harnquantum des Pferdes abhängt, geben die von E. Wolff bei seinen Fütterungsversuchen erhaltenen Resultate genügenden Aufschluss. Die Vertheilung des mit der Tränke in durchschnittlich sehr verschiedener Menge aufgenommenen Wassers findet ziemlich gleichmässig statt, indem ungefähr die Hälfte mit dem Koth $^1/_4$ durch Re- und Perspiration und ebenfalls $^1/_4$ mit dem Harn aus dem Organismus entfernt wurde. Im Allgemeinen nimmt mit gesteigerter Arbeit die Menge des aufgenommenen Tränkwassers zu, unter Abnahme des täglichen Harnquantums; mitunter steigt jedoch die Tagesmenge des Harns gleichzeitig. Bezüglich des Einflusses der Fütterungsweise auf das Verhältniss des Tränkwassers zur Harnquantität ist zu unterscheiden zwischen ausschliesslicher Fütterung mit Heu und einer gemischten Fütterung. Bei alleiniger Verabfolgung von Wiesenheu (10,4 *kg*) oder Rothkleeheu (9,8 *kg* p. d. im Mittel) stieg nach Aufnahme von 32 *kg* Tränkwasser die Harnmenge auf 9 resp. 10 *kg*. Nach Beigabe von Stärkemehl, Hafer oder Ackerbohnen zum Heu nahmen die zwei arbeitenden 500 *kg* schweren Versuchspferde durchschnittlich 26 *kg* Wasser auf und entleerten bei Stärkemehl resp. Haferbeigabe 5—7, bei Bohnenzusatz 7—8,6 *kg* Harn. Starke Anforderungen an die Arbeitskraft neben sehr N-reichem Futter (7,5 *kg* Wiesenheu und 4 *kg* Bohnen) steigerten die Wasseraufnahme bis zu 39 *kg* und die Harnausscheidung bis zu 12,6 *kg*. Strohhäckselzusatz bewirkt bei jedem sonst normalen Futter Vermehrung der Wasseraufnahme und Harnabgabe.

Da die Zusammensetzung des Urins ebenfalls von der Fütterungsweise abhängt, würde für jede der verschiedenen gebräuchlichen Futtercombinationen eine Totalanalyse vorliegen müssen, um eine vollständige und erschöpfende Uebersicht über die Beschaffenheit der »Normal-Urine« zu geben. Diesem Postulat wurde bisher nur für einzelne Fälle genügt. Eine umfassende Untersuchung bei einer Tagesration von 2 *kg* Hafer, 2 *kg* Heu, 1 *kg* Weizenkleie und einer nicht gemessenen Quantität Häckselstroh wurde von E. Salkowski ausgeführt. Reaction des Harns neutral; Quantität für 48 Stunden 4110 *ccm*; specifisches Gewicht 1046. Beim Stehen bildete sich ein ziemlich hohes aber sehr lockeres Sediment, in welchem die mikroskopische Untersuchung Epithelzellen und Krystalle von oxalsaurem Kalk ergab neben kurzen, breiten Stäbchen, welche sich leicht in HCl lösten. Das Verhalten des durch Papier filtrirten Harns zu Reagentien wich wenig von dem des menschlichen Harns ab. Die Hauptunterschiede waren folgende:

1. Nach dem Ansäuern mit Essigsäure entstand bei Zusatz von Uranlösung erst nach einiger Zeit eine kaum wahrnehmbare Trübung, der Harn war also fast frei von Phosphorsäure.

2. Ammoniakzusatz bewirkte kaum eine Trübung, im Filtrat war keine Phosphorsäure, dagegen reichlich Calcium nachweisbar. Während

im Menschenharn stets weit mehr Phosphorsäure vorhanden ist als dem Calcium entspricht, ist hier umgekehrt weit mehr Calcium vorhanden. Das Calcium ist, wie Salkowski im Versuchsprotokoll bemerkt, in diesem Harn an Schwefelsäure gebunden.

3. Bei Zusatz von ammoniakalischer Silberlösung und gelindem Erwärmen färbt sich der Harn braun unter Ausscheidung von metallischem Silber in Pulverform. Setzt man vor dem Erhitzen Natronlauge hinzu und erhitzt dann zum Sieden, so entsteht ein zusammenhängender Silberspiegel. Die Analyse ergab folgendes Resultat:

Bestandtheile	In 100 *ccm* Harn	Im 24 stündigen Harnquantum	
	Gramm		
Trockenrückstand	12,08	248,244	
Wasser	87,92	1806,756	
Organische Substanzen	9,638	198,061	
Unorganische Substanzen	2,442	50,183	
Organische:			
Gesammtstickstoff	3,092	65,34	
Ammoniak	0,0176	0,357	
Harnsäure	Spuren		
Hippursäure (incl. Phenacetursäure)	0,579	15,597	
Phenol	0,119	2,445	
Unorganische:			
Präformirte und Aetherschwefelsäure (SO_3)	0,472	10,299	13,464
Schwefelsäure aus schwefelhaltiger organischer Substanz	0,154	3,165	
Schwefel als Schwefelsäure	0,1892	4,068	5,336
Schwefel in neutraler Form	0,0617	1,268	
Phosphorsäure (P_2O_5)	0,0107	0,2199	
Kalk (CaO)	0,278	5,713	
Chlornatrium (NaCl)	1,32	27,126	

Als Beispiel für das bei einer Harnanalyse zu physiologischen Zwecken einzuschlagende Verfahren seien die Untersuchungen mitgetheilt, welche zu dem oben angegebenen Resultat führten.

1 Trockenrückstand. 5 *ccm* auf Sand im Vacuum neben Schwefelsäure eingetrocknet, ergaben 0,604 *g* Rückstand = 12,08 pCt. Von dem Gehalt an festen Bestandtheilen hängt das specifische Gewicht in erster Linie ab.

Man hat es versucht, umgekehrt aus dem ermittelten specifischen Gewicht die Trockensubstanz zu berechnen, was für diagnostische Zwecke, wo es auf absolute Genauigkeit nicht ankommt, sehr bequem ist. Beim menschlichen Urin findet man den Gehalt an Trockensubstanz in Gramm für 1000 *g* Harn, wenn die 3 letzten Zahlen des mit 4 Decimalen ermittelten specifischen Gewichtes mit 0,283 multiplicirt werden (Neubauer, Haeser). Controlversuche durch Wägung haben ziemlich gute Uebereinstimmung ergeben. Henneberg stellte als einfachen Ausdruck für die gegenseitige Abhängigkeit zwischen Trockensubstanz und specifischem Gewicht die Formel auf: $T = a s + b$. (T = Trockensubstanz, s = specifisches Gewicht, a und b Constanten), um bei längeren Versuchsreihen die Ermittelung der Trockensubstanz zu vereinfachen. Die beiden Constanten müssen für jeden Harn besonders ermittelt werden und zwar in der Weise, dass T und s in zwei Proben direct bestimmt werden. Man hat dann 2 Gleichungen, aus denen sich die beiden Unbekannten a und b ermitteln lassen.

Grouven gelangte durch Benutzung dieser Formel zu der Einsicht, dass bei den grösseren Hausthieren, wenigstens zwischen specifischem Gewicht und Trockensubstanz eines Harnes keine allgemein gültige Relation besteht, sondern dass diese Relationen in jedem Falle abhängen von der Natur der Fütterung und der Individualität der Thiere.

E. Wolff erzielte ziemlich befriedigende Resultate nach Bestimmung des specifischen Gewichts bis auf 5 Decimalen und Multiplication der letzten 4 Stellen mit 0,0233; die Futterration betrug bei den Controlbestimmungen für 1000 *kg* Lebendgewicht etwa 8 *kg* Wiesenheu, 10 *kg* Hafer und 2 *kg* Strohhäcksel. Bei der gewöhnlichen Futtercombination von Heu, Hafer, Stroh variirt die durchschnittliche Tagesquantität der Trockensubstanz in folgender Weise:

Futtter p. d. in Kilogramm			Tränkwasser	Harnmenge	Harntrockensubstanz in Gramm	
Heu	Hafer	Weizenstroh	*kg*	*l*	In 100 *ccm*	Insgesammt
8	2	—	22,31	5,04	11.2	566,6
7	2	1,00	26,33	4,72	11,2	529,4
6	4	—	21,36	4,99	10,3	511,8
4	4	2,00	27,55	4,66	10,2	477,0
4	6	—	23,73	4,53	10,4	460,7
1	6	2,06	24,60	6,03	5,7	346,1

2. Aschengehalt. 10 *ccm* eingedampft und langsam verascht, ergaben: a) Unlösliche Salze 0,0442. b) Lösliche Salze 0,1980 in toto 0,2422. Die unlöslichen Salze bestanden aus Calciumsulfat neben sehr wenig Calciumphosphat, die löslichen zum grossen Theil gleichfalls aus Calciumsulfat und ausserdem aus Chloriden. Ob das Kalksulfat präformirt im Harn enthalten war, ist zu bezweifeln, und sein Vorhandensein wahrscheinlich auf die Bildung beim Veraschen zurückzuführen. Die Gründe, welche hierfür sprechen, sind bei Erörterung der quantitativen Calciumbestimmung angeführt. Der hohe Kalkgehalt ist geradezu characteristisch für den Pferdeharn. Von dem im Futter aufgenommenen Kalk erscheint nach Wolff ein Drittel bis zur Hälfte, ja mitunter noch mehr in dem producirten Harn, während man in dem der Wiederkäuer speciell beim Hammel kaum mehr als 5 pCt. jener

Menge findet. Mit dem Kali verhält es sich fast umgekehrt; der Hammel entleert mit dem Harn fast 95 pCt. des aufgenommenen Kali, wohingegen im Pferdeharn höchstens zwei Drittel davon wiedererscheinen. Von der Phophorsäure lassen bei beiden Thiergattungen meistens kaum Spuren im Harn ermitteln, auch in der Ausscheidung von Schwefelsäure und Chlor sind keine wesentlichen Differenzen zu bemerken. Die Magnesia wird stets in relativ beträchtlicher Menge mit dem Harn aus dem Körper entfernt, beim Pferd jedoch durchschnittlich etwas reichlicher als beim Hammel, etwa zu 40 pCt. gegenüber von 25—30 pCt. der mit dem Futter aufgenommenen Menge. Das Verhältniss der Aschebestandtheile im Pferdeharn, auf 100 Theile Asche exclusive CO_2 bezogen (bei 2,21 pCt. Asche im Harn nach Heu, Hafer, Strohfütterung) berechnet sich nach Wolff zu

36,85	pCt. für	Kali
3,71	» »	Natron
21,92	» »	Kalk
4,44	» »	Magnesia
—	» »	Phosphorsäure
17,16	» »	Schwefelsäure
15,36	» »	Chlor
0,32	» »	Kieselsäure

3. Gesammtstickstoff. 5 *ccm* auf Sand getrocknet von 1. benutzt, mit Natronkalk in einer langen und weiten Röhre verbrannt, NH_3 in Salzsäure aufgefangen, abgedampft, mit Silberlösung titrirt, ergab 0,1546 N = 3,092 pCt. Bei der Zuverlässigkeit und Bequemlichkeit der Kjeldahl'schen Stickstoffbestimmungsmethode wird man letztere im Allgemeinen bevorzugen (cf. unten).

Durch die Methode der Gesammtstickstoffbestimmung verschafft man sich am allersichersten bei Stoffwechselversuchen mit Pflanzenfressern einen Ueberblick über den Zerfall des Eiweiss im Thierkörper. Ein Theil des N-haltigen Materials gelangt zwar in Form von Amidoverbindungen zur Aufnahme (in jungem Weidegras z. B. in grossen Mengen), immerhin wird der Fehler nicht ins Gewicht fallen, da es in vielen Fällen zumeist auf eine Vergleichung der gewonnenen Zahlen ankommt ohne Rücksicht darauf, ob der erhaltene N dem Eiweiss oder etwaigen in der Nahrung enthaltenen Amidoverbindungen u. s. w. entstammt.

Eine ebenso bequeme Methode zur Bestimmung des Gesammt-N ist die von Kjeldahl, deren Verwendbarkeit zur Untersuchung des Harns sämmtlicher Hausthiere von Arnold nachgewiesen wurde; für den Hundeharn giebt die Natronkalkmethode zu grosse Fehler, die Kjeldahl'sche gute Uebereinstimmung mit der Dumas'schen, welche letztere die genaueste N-Bestimmungsmethode überhaupt ist.

Ein 500 *kg* schweres Pferd mit Heu, Hafer, Häcksel im Gesammtgewicht von 10 *kg* p. d. gefüttert scheidet bei einer Aufnahme von 20 *l* Wasser 4,5 *l* Harn aus. Hierbei beträgt die mittlere Gesammtstickstoffmenge 85 *g*. In den Wolff'schen Versuchen (cf. S. 104) steigerte sich die mittlere, täglich im Harn ausgeschiedene Menge an Gesammt-N unter erhöhten Anforderungen an die Arbeitskraft bei gleichbleibender Fütterung (5 *kg* Wiesenheu, 6 *kg* Hafer, 1,5 *kg* Weizenstrohhäcksel) von 99 *g* auf 109,3 bis 116,8, um unter verminderter Leistung auf 110,2 schliesslich bis zu 98,3 wieder abzusinken. Bei einem stark N-haltigem Futter (7,5 *kg* Wiesenheu, 4 *kg* Bohnen) erscheint die Menge des Harn-N an sich schon grösser, nämlich 198,6 *g*, kann aber bei schwerer Arbeit noch zunehmen. Unter Einfluss der erhöhten, täglich ganz gleichen Arbeit

wurden ohne Aenderung des Fütterungsmodus ausgeschieden im Mittel der 4 Perioden 211,3—220,7 - 229,1—234,3 *g* N. Erst bei einem Futter von 7,5 *kg* Wiesenheu, 1 *kg* Bohnen und 6,25 *kg* Hafer erhielt sich die tägliche Gesammt-N-Ausfuhr unabhängig von der geleisteten Arbeit auf unveränderter Höhe im Betrage von 174,0 *g*. — Die im Harn des Pferdes und auch des Schafes enthaltene Menge von Harnstoff und Hippursäure, entspricht ihrem N-Gehalte nach ziemlich genau dem Gesammtstickstoff des Harns. Hat man daher den Gesammtstickstoff ermittelt und die Hippursäure resp. deren N-Gehalt ebenfalls bestimmt, so entfällt die Differenz zwischen Gesammtstickstoff und Stickstoff der Hippursäure auf den N-Antheil des Harnstoffs. In einem speciellen Falle betrug bei Verfütterung von 10 *kg* Wiesenheu vom zweiten Schnitt bei 30 bis 40 *l* Tränkwasser das Harnquantum 6,9 *l* mit einem Gesammtstickstoffgehalt von 95,70 *g*; Hippursäure fand sich in einer Gesammtmenge von 67,84 *g* vor. Die durch Rechnung gefundene Harnstoffmenge ergab mit der durch Titriren ermittelten Quantität von 193,30 *g* Harnstoff genügend genaue Uebereinstimmung.

Der Harnstoffgehalt des Pferdeharns beträgt in vorliegendem von Salkowski untersuchten Falle 2,8 pCt. und schwankt bei gewöhnlicher Fütterung zwischen 2,5—4 pCt.

4. Präformirtes Ammonsalz. 20 *ccm* im Schlösing'schen Apparat mit Kalkmilch, zum Aufsaugen des Ammoniaks verdünnte Salzsäure im Schälchen. Dieselbe nach 5 Tagen verdampft, Rückstand in H_2O gelöst, mit Silberlösung titrirt, von der 1 *ccm* = 0,001 NaCl; gebraucht 12,1 *ccm* = 0,01758 pCt. NH_3 = 0,0144 pCt. N als NH_3. Ammoniumsalze fehlen also nicht ganz wie im Kaninchenharn, ihre Quantität ist aber sehr viel geringer als im Menschenharn bei gemischter Nahrung (etwa 1 : 24). Ob alles Ammonium auf präformirte Ammoniumsalze zu beziehen sind, lässt Salkowski dahingestellt. Das Verhältniss des N als NH_3 : Gesammt-N = 1 : 214. Nach einer Angabe von Kellner sollen 17 pCt. des im täglichen Harn zur Untersuchung gelangenden Gesammtstickstoffs in der Form von kohlensaurem Ammonium vorhanden sein, eine Angabe, welche noch weiterer Bestätigung bedarf.

5. In Form von Hippursäure resp. Phenacetursäure vorhandener Stickstoff. 50 *ccm* Harn eingedampft, mit Alkohol erschöpft, die Hippursäure in alkoholhaltigen Aether übergeführt, im Verdampfungsrückstande desselben N bestimmt. N-Gehalt 0,0297 pCt. = 0,759 pCt. Hippursäure. Diese von Salkowski angewendete Methode weicht von der zur Hippursäurebestimmung gewöhnlich benutzten insofern ab, als die Hippursäure nicht direct dargestellt und gewogen, sondern aus dem ermittelten N-Gehalt berechnet wurde. Auffällig erscheint die geringe Menge von 15,597 *g* pro die. Quantitäten von 60 bis 70 müssen gegenüber den zu 140 und 160 nachgewiesenen noch als relativ niedrig betrachtet werden. In dem oben erwähnten, von E. Wolff beobachteten Falle beziffert sich der Procentgehalt an Hippursäure auf 0,98. Besteht das Futter aus reinem Gras oder Wiesenheu,

aus Weizen oder Haferstroh, im letzteren Falle mit einem stickstoffreichen Beifutter, dann ist der Hippursäuregehalt am grössten. Bei Klee und Kleeheufutter nimmt die Hippursäureausscheidung auffällig ab, in gleicher Weise bei reichlicher Verfütterung von Wurzelfrüchten. Beim Pferd betrug in dem Wolff'schen Versuch die Menge der Hippursäure pro Kilo verzehrten Heus im Maximum 6—7 *g*, war also höchstens halb so gross als unter übrigens gleichen Umständen bei Wiederkäuern.

Zwischen der Bildung der Hippursäure und des Harnstoffs soll ein Wechselverhältniss bestehen derart, dass bei sinkender Hippursäureausscheidung die Harnstoffentleerung ansteigt und umgekehrt. Man will beobachtet haben, dass im Harn stark arbeitender Pferde die Hippursäure reichlicher auftrete als bei ruhenden; nach Roussin erreicht bei gut genährten Pferden in Stallruhe die Hippursäureausscheidung ihr Minimum, während der Harnstoffgehalt ad Maximum ansteigt.

Phenacetursäure wurde nicht gesondert bestimmt. Die Quantität ist im Allgemeinen gering, 0,5—0,8 pro Mille.

Zur schnellen Constatirung der Säure empfiehlt Salkowski folgendes Verfahren: 1 *l* Pferdeharn (resp. mehr, wenn der Harn nicht so concentrirt ist) wird auf 200 *ccm* verdampft, mit 800 *ccm* Alcohol aufgenommen, der Auszug verdunstet, in Wasser gelöst, mit Salzsäure stark angesäuert, die Säuren in Aetherlösung übergeführt, aus dieser in wässrig-alkalische und hieraus nach dem Ansäuern mit Salzsäure wieder in Aetherlösung.

Der beim Abdestilliren des Aethers bleibende Syrup wird möglichst von Aether befreit, dann in demselben Kolben mit 50—80 *ccm* Wasser zum Sieden erhitzt, die Lösung 24 Stunden sich selbst überlassen, dann abfiltrirt, das Filtrat auf etwa 15 *ccm* eingedampft; beim Erkalten crystallisirt in der Regel Phenacetursäure ziemlich rein aus. Ueber das relative Verhältniss zur Hippursäure ist Genaueres noch nicht ermittelt.

6. Harnsäure. 200 *ccm* nach dem Silberverfahren untersucht, ergeben nur einige Milligramm Harnsäure, die durch mikroskopische Untersuchung und die Murexidprobe festgestellt ist. Die Harnsäure, welche schon von Brücke und Meissner im Harn des Pferdes constatirt wurde, fehlt nach den Angaben von Kühne zuweilen in demselben, während Salkowski unter Anwendung des Silberverfahrens in jedem menschlichen und Thierharn Harnsäure nachzuweisen vermochte. Ueber das Vorkommen von Xanthinverbindungen im Pferdeharn ist bisher nichts bekannt. Kreatinin konnte von Socoloff aus Pferdeharn vermittelst Chlorzink als Kreatinin-Chlorzink erhalten werden. Auch die Weil'sche Reaction erweist in jedem Pferdeharn die Anwesenheit von Kreatinin. Die in einem Falle ausgeführte quantitative Bestimmung ergab einen Kreatiningehalt von 0,172 pCt. Die Gesammtmenge der täglich entleerten reducirenden Substanzen, Glycuronsäure etc. mit einbegriffen, beläuft sich nach O. Hagemann auf ca. 14,0 *g*.

7. Phenol resp. Kresol. 100 *ccm* Harn, 150 *ccm* Wasser incl. 75 *ccm* Salzsäure, 50 *ccm* von dem Gemisch destillirt, bis das Destillat keine Bromreaction mehr gab, ganzes Destillat mit Bromwasser gefällt, nach 5 Tagen filtrirt. Erhalten 0,419 *g* Tribromphenol = 0,1187 pCt.

Phenol resp. 0,1364 pCt. Kresol. Es steht dies Resultat in Einklang mit den von Tereg gemachten Beobachtungen, wonach im Mittel von einem Pferde 0,1 pCt., pro die 3,0 *g* Phenol entleert wird. Die Minimal- und Maximalwerthe betragen 0,02—0,17 pCt., pro die 0,6—4,7 *g*; Alter und Geschlecht üben keinen durchgreifenden Einfluss aus auf die Phenolproduction, wohl aber die individuelle Disposition, speciell die Resorptions- und Assimilationsfähigkeit und ferner die Art der Fütterung. Alle Pferde, welche gute Futterverwerther sind, produciren weniger Phenol als jene mit mangelhafter Verdauung; wächst bei gleicher Gewichtsmenge des täglichen Futterquantums der Proteingehalt desselben, so erhöht sich in demselben Maasse die Menge des ausgeschiedenen Phenols. Unter der Gesammtmenge des aus Pferdeharn gewonnenen Phenols befindet sich Kresol zu ca. 85 pCt. Das Kresol ist grösstentheils Parakresol, zum kleineren Theil Orthokresol mit Spuren von Metakresol (Baumann). Zur Bestimmung der im Pferdeharn auftretenden Dihydroxylbenzole speciell des Brenzkatechins genügen nach Baumann 200—250 *ccm*.

Diese Quantität wird mit Essigsäure angesäuert, wiederholt mit Aether ausgeschüttelt. Nach Abdestilliren des Aethers auf dem Wasserbade völlig eingedampft, die braunschwarze Masse in Wasser aufgenommen, filtrirt. Durch essigsaures Blei (einige Tropfen) werden die färbenden und harzigen Substanzen entfernt, das Filtrat mit kohlensaurem Ammoniak vorsichtig neutralisirt, mit Bleiacetat gefällt, so lange noch ein Niederschlag entsteht. Dasselbe wird abfiltrirt, gewaschen und unter Wasser mit H_2S zerlegt, das Filtrat mit kohlensaurem Baryt wieder neutralisirt und wiederholt mit Aether ausgeschüttelt; die Aetherauszüge nach Abdestilliren des Aethers verdunstet man und nimmt den Rückstand mit Wasser auf. Diese Lösung enthält das Brenzkatechin, welches daran erkennbar ist, dass durch 1 Tropfen Eisenchlorid eine intensiv grüne Färbung entsteht, die auf Zusatz von Natriumbicarbonatlösung oder NH_3 in Violett umschlägt; Silber in ammoniakalischer Lösung wird in der Kälte fast augenblicklich reducirt. Wird der durch dieses Verfahren von dem freien Brenzkatechin befreite Harn mit HCl erwärmt und wiederum in ähnlicher Weise behandelt, so erhält man nochmals eine Quantität Brenzkatechin. Letztere Menge war in gebundener Form als Aetherschwefelsäure im Harn enthalten. Quantitative Bestimmungen liegen nicht vor. Baumann hält es für wahrscheinlich, dass Hydrochinon im normalen Pferdeharn nur in Spuren vorkomme, während Brenzkatechin in etwas grösseren Quantitäten vertreten ist. Zuweilen findet sich Gallussäure im Pferdeharn. Ihr Auftreten dürfte mit den durch die Nahrung aufgenommenen Gerbstoffen im Zusammenhang stehen.

Die Indoxylschwefelsäure, welche durch ein geeignetes Verfahren in Indigo übergeführt werden kann, liefert für 1000 *ccm* Harn 0,1—0,5 *g* Indigo. Aus dem täglichen Gesammtharn lassen sich $^1/_2$—2 *g* Indigo gewinnen.

8. Gesammtschwefelsäure. Filtrat + Waschwasser von 7 eingeengt und mit $BaCl_2$ gefällt. Erhalten 1,376 $BaSO_4$ = 0,4724 pCt. SO_3 = 0,1892 pCt. S. Eine Scheidung zwischen präformirter und Aetherschwefelsäure ist in diesem Falle nicht ausgeführt worden. Tereg fand im Mittel 0,5 pCt. Gesammtschwefelsäure. Hiervon kommen auf präformirte 0,34 pCt., auf Aetherschwefelsäure 0,17 pCt. Das Verhältniss

ist demnach wie 2 : 1. Die Durchschnittsmenge der Gesammtschwefelsäure wurde zu 15,0 *g* p. d. ermittelt.

9. Neutraler Schwefel. Filtrat + Waschwasser von 8 in zwei Hälften getheilt. Die eine Hälfte unter starkem Zusatz von Na_2CO_3 eingedampft, langsam mit KNO_3 geschmolzen, Schmelze in Wasser gelöst, vorsichtig mit Salzsäure versetzt, wiederholt damit abgedampft. Erhalten 0,225 $BaSO_4 \cdot 2 = 0{,}450$, demnach 0,0617 S. Das Verhältniss des neutralen zu dem oxydirten Schwefel stellt sich demnach auf 1 : 3,2. Am nächsten schliesst sich diese Verhältnisszahl der von Salkowski für Kaninchenharn ermittelten an. Im Mittel von 11 Bestimmungen fand Salkowski 1 : 4; sie ist erheblich höher wie beim Menschenharn, in dem das Verhältniss zu 1 : 6 angenommen werden kann, dagegen niedriger wie durchschnittlich im Hundeharn. Ein Theil dieses Schwefels kann nach Sertoli und J. Munk höchst wahrscheinlich auf Sulfocyansäure bezogen werden. Der Gesammtschwefel verhält sich zum Gesammtstickstoff wie 1 : 12,3. Im menschlichen Harn fand B. Schulze dieses Verhältniss = 1 : 15,6 resp. 15,8.

10. Chloride. 10 *ccm* mit Na_2CO_3 und KNO_3 geschmolzen. Gebraucht 13,2 Ag-Lösung = 1,32 pCt. NaCl. Von Tereg wurde im Durchschnitt 0,86 pCt. Chlornatrium ermittelt. Gesammtmenge p. d. 33,0 *g*; die älteren diesbezüglichen Angaben von Valentin 7,4 *g* im Harn p. d. sind zweifelsohne zu niedrig (beim Menschen ca. 15 *g*).

11. Calcium. 20 *ccm* mit Essigsäure angesäuert, mit Ammoniumoxalat gefällt. Erhalten 0,0556 CO = 0,278 pCt. Der Gehalt an Kalk muss als ein sehr hoher bezeichnet werden. Das Verhältniss zwischen Kalk und Stickstoff beträgt etwa 1 : 11,4, während man es im menschlichen Harn auf 1 : 40 veranschlagen kann. Der Kalk ist nur zum kleinsten Theil an Phosphorsäure gebunden, da als Gesammtphosphorsäure pro Tag nur 0,220 *g* gefunden wurde und es noch zweifelhaft bleibt, ob nicht ein relativ ansehnlicher Theil dieser Quantität erst aus Glycerinphosphorsäure beim Schmelzen mit Salpeter entstanden ist. Salkowski bemerkt, dass die Hauptmenge des Kalkes an Schwefelsäure gebunden anzusehen ist. Dieser Umstand wird erklärlich durch die vorangegangene Behandlung mit Essigsäure. Feser und Friedberger constatirten, dass nach Verabfolgung von schwefelsauren Salzen und selbst von freier Schwefelsäure der Harn alkalisch reagirt und im stets vorhandenen Sediment immer nur die Formen kohlensaurer Erden, nicht selten Krystalle von oxalsaurem Kalk ergab, während die Schwefelsäure an Alkalien resp. organische Substanzen gebunden erscheint. Beim Erhitzen trübt sich derartiger Harn durch weitere Ausscheidung von Erdcarbonaten. Durch Essigsäurezusatz tritt aber bei Anwesenheit relativ grosser präformirter Schwefelsäuremengen nicht wie gewöhnlich Aufhellen unter CO_2-Entwickelung ein, sondern eine sofortige neue starke Trübung von schwefelsaurem Calcium, welche sich bei fortgesetztem Essigsäurezusatz noch vergrössert. Die ursprüngliche Säure, an welche das Calcium gebunden war, dürfte auch in dem von Salkowski analysirten Harn vorzugsweise

CO_2 gewesen sein. Kiener fand im Harn trächtiger Stuten eine CaO-Verminderung um 55—70 pCt.

12. Phosphorsäure. In 50 *ccm* nach dem Schmelzen mit KNO_3 und Na_2CO_3 durch Fällung mit Uranlösung. Erhalten 0,0536 phosphorsaures Uran = 0,0107 pCt. Phosphorsäure. Fröhner hatte bei gesunden Individuen und gewöhnlicher Fütterung 0,008 pCt. gefunden; im Maximum, in saurem Urin hauptsächlich auftretend, 0,017 pCt. Die von Tereg ermittelten Gesammtquantitäten schwanken zwischen 0,270 und 0,488 *g*.

Rinderharn. Die genauere Kenntniss von der Zusammensetzung des Rinderharns beschränkt sich in der Hauptsache auf die N-haltigen Producte und die anorganischen Bestandtheile. Untersuchungen in dieser Richtung mussten nothwendigerweise vorgenommen werden, wenn man über Verwerthung der verschiedenen Futtermittel sich Aufschluss verschaffen wollte. Die Lösung der Frage nach Futterausnutzung spielt in der Landwirthschaft eine wichtige Rolle, weshalb auch in erster Linie die landwirthschaftlichen Versuchsstationen eine rege Thätigkeit nach dieser Richtung hin entfalteten. Aus deren Untersuchungsergebnissen, speciell der Station Weende, wird ersichtlich, dass

die Harnmenge nicht sowohl von der Wasserzufuhr, sondern auch von dem Stickstoffgehalt des Futters abhängt. Nach Henneberg steigt die bei eiweissarmem Futter 9,7 bis 12,6 *kg* betragende Harnmenge nach Verabfolgung eines eiweissreichen Futters (1,3 *kg* gegen 0,39 *kg* N-haltige Nährstoffe in der Tagesration vorher) für einige Tage auf eine Höhe von 16,3—16,8 *kg*, hinter welcher sie im weiteren Verlauf der Verabfolgung desselben N-reichen Futters nur um 1—3,5 *kg* zurückbleibt. Dieselbe Beobachtung haben Bischoff und Voit beim Hunde gemacht, als nach längerer Fütterung mit Brod Fleischdiät folgte. Fast ausnahmslos findet man in den Mittelzahlen der Versuchsdaten mit der Vermehrung der Harnmenge nach N-reichem Futter eine Steigerung der Aufnahme des Tränkwassers einhergehen. Der ursächliche Zusammenhang zwischen vermehrter Harnausscheidung und Wasseraufnahme liegt unzweifelhaft in dem grösseren N-Gehalt der Nahrung. Je mehr N-haltige Stoffwechselproducte im Organismus entstehen, desto mehr wird gleichzeitig bei der Harnbereitung Wasser verbraucht, desto grösser auch das Durstgefühl, welches zur Compensirung des Wasserverlustes führt. Eine von C. Voit beobachtete Milchkuh entleerte im Durchschnitt 21,79 *l*, und J. Munk schätzt die tägliche Harnmenge je dreier von ihm zu Harnuntersuchungen benutzten Milchkühe auf 25 *l*. Der Betrag einer einzelnen Harnentleerung schwankte in 6 Fällen zwischen 0,45 und 1,8 *kg* und betrug im Mittel 0,9 *kg*. Nach C. Voit erfolgt in 24 Stunden eine acht- bis zehnmalige Harnentleerung; die mittlere bei jedesmaligem Uriniren entleerte Quantität betrug in diesem Falle rund 2,5 *kg* (2,42 *l* von 1025 specifischem Gewicht).

Auf die Reaction des Harns übt das Futter einen wesentlichen Einfluss aus. Futtermittel mit grossem Gehalt an pflanzensauren oder

kohlensauren Alkalien bedingen alkalische Reaction des Harns. Für die Alkalescenz des Harns kann der CO_2-Gehalt der Harntrockensubstanz gewissermaassen als Maassstab angesehen werden. Relativ reich an CO_2 (10—12 pCt.) erscheint die Harntrockensubstanz bei vorwiegender Fütterung von Rüben, Kleeheu und Bohnenstroh, sowie von Kleeheu und Haferstroh zu gleichen Theilen; am kohlensäureärmsten (3—6 pCt.) bei vorwiegender Fütterung von Roggenstroh, Wiesenheu und Haferstroh. Fütterung von Weizenstroh mit Bohnenschrot als Beifutter hatte in dem Henneberg'schen Versuche saure Reaction zur Folge, entsprechend dem Mangel der genannten Futtermittel an pflanzen- resp. kohlensauren Alkalien.

Die Gesammttrockensubstanz des Harns beträgt im Minimum 3,5, im Maximum 7,8 pCt, im Mittel 6,8 pCt. Die niedrigsten Werthe fallen mit den höchsten für Harn im Procentsatz der Gesammt-Excremente zusammen.

Im aschefreien Zustande (nach Abzug der Mineralbestandtheile, welche 27,2 bis 60,8 pCt. der Trockensubstanz ausmachen) enthält die Harntrockensubstanz an Elementarbestandtheilen von:

C	27,8—53,1	pCt.
H	3,5— 6,9	»
N	8,9—33,6	»
O	15,6—50,2	»

Das Verhältniss des N : C in der Harntrockensubstanz variirt beim Rind, wie beim Pflanzenfresser überhaupt, je nach der Fütterungsweise innerhalb ziemlich weiter Grenzen. Bei kräftiger und intensiver Fütterung fand sich in dem Tagesharn eines Ochsen 170 *g* N und 220 *g* C, so dass auf 1 *g* N 1,29 *g* C kommen (im Harnstoff verhält sich N : C = 1 : 0,435). In dem Harn eines ausschliesslich mit Wiesenheu ernährten Hammels ergab sich ein Gehalt von 7,65 *g* N und 23,25 *g* C p. d., mithin ein Verhältniss von N : C = 1 : 3,4, während beim Fleischfresser auf 1 *g* N durchschnittlich 0,7462 treffen. Die Beziehungen des organischen H und O zum C sind im Allgemeinen constantere. Einem C-Atom entsprechen nach Henneberg im Mittel 0,11 H und 0,55 O. Quantität und Qualität der organischen Substanz des Harns (einschliesslich der gebundenen Kohlensäure) sind je nach dem Futter sehr verschieden. Auf die organische Substanz des Futters bezogen, schwankt ihre Gewichtsmenge zwischen 4,2—11,3 pCt.

So lange die Rauhfutterration sich gleich und die Veränderung des Futters auf grössere oder geringere Zusätze von Eiweiss (Legumin und Bohnenschrot), Stärke, Zucker, Fett (Rüböl) beschränkt bleibt, steigt und fällt die Menge der organischen Harnsubstanz mit der Menge der verdauten N-haltigen Substanz, ist dagegen so gut wie unabhängig von der Quantität und Qualität der verdauten N-freien Substanz.

Der N-haltige Theil des Harns besteht durchaus überwiegend aus Harnstoff uud Hippursäure, deren Gewichtsverhältniss indess in den weitesten Grenzen schwankt.

Besteht das Futter aus Rauhfutterstoffen allein oder aus Rauhfutter mit geringen Schrot- etc. Zusätzen, so ist es die Art des Rauhfutters, welche die Vermehrung der Hippursäure und des Harnstoffs bedingt. Nach den bisherigen Erfahrungen treten die relativ grössten Hippursäuremengen bei der Fütterung von Cerealienstroh auf (1,2—2,6 Hippursäure auf 1 Harnstoff), mittlere Mengen bei der Fütterung von Heu der Gräser (0,5—0,7 Hippursäure auf 1 Harnstoff); die relativ geringsten endlich, häufig nur Spuren, bei der Fütterung von Heu und Stroh der Leguminosen. Unter allen Umständen bleibt jedoch der Harnstoff der hauptsächlichste Träger des Stickstoffs; denn selbst in dem hippursäurereichsten Harn waren es noch reichlich zwei Drittel des Gesammt-N, welche dem Harnstoff angehörten. Eine Verminderung des Harnstoffgehalts bei steigender Hippursäureausscheidung wurde nicht beobachtet.

Zusatz von Körner- resp. Hülsenfrüchten zum Rauhfutter bewirkt eine mit der Menge des Beifutters zunehmende Depression der Hippursäurebildung. Die Belege für das oben Mitgetheilte gewährt nachstehender Auszug aus einer grösseren Tabelle nach Henneberg und Stohmann.

(Siehe Tabelle S. 392.)

Aus der Betrachtung umstehender Tabelle erhellt ohne Weiteres der Einfluss des Rauhfutters und des N-haltigen Beifutters auf die Ausscheidung der Hippursäure. Mit Rücksicht auf die hippursäurebildende Wirkung des Cerealienstrohes sei Folgendes angeführt.

Meissner und Shepard glauben als Muttersubstanz der Hippursäure die verdickte und infiltrirte Wandsubstanz der pflanzlichen Epidermiszellen, die Cuticularsubstanz, einen Bestandtheil der Rohfaser ansprechen zu dürfen. Diese soll die Zusammensetzung $C_7H_{12}O_5$ besitzen, würde sich also von der Chinasäure $C_7H_{12}O_6$ nur durch 1 Atom O unterscheiden. M. und S. stellten die Rohfaser dar durch Auslaugen von Gras mit heissem Wasser, mit verdünnter Salzsäure, mit siedendem Alcohol, mehrfach mit 5procentiger Kalilauge und nochmals mit Wasser und Alcohol. Die rückständige weisse stickstofffreie Masse besteht aus einem Gemisch gänzlich unlöslicher, auch durch Kupferoxydammoniak nicht angreifbarer Cellulose und den sogen. incrustirenden Substanzen. Dass unter diesen letzteren die Holzsubstanz (das Lignin) und die Korksubstanz nicht zur Hippursäurebildung verwendet werden ist wahrscheinlich, weil Fütterung mit Holz und Kork keinen hippursäurehaltigen Harn erzeugen. Da auch die reine Cellulose keine Hippursäure liefert, so bleibt nur die sogen. Cuticularsubstanz übrig. Gras, Heu, Stroh, Kleie, Aepfelschalen u. dergl. enthalten die Cuticularsubstanz (nicht mit der structurlosen, alle oberirdischen Pflanzentheile überziehende Cuticula v. Mohls zu verwechseln, welche durch Kalilauge gelöst wird) und geben auch zur Bildung von Hippursäure Veranlassung. Dagegen ist es auffallend, dass manche unterirdische von Cuticularsubstanz freie Pflanzentheile, nämlich gekeimte Wurzeln und Pflanzentheile auch Hippursäure bilden, während andere überirdische, mit mächtiger Cuticula versehen, wie sämmtliche Kohlsorten Hippursäure nicht liefern. Dass die Bedingungen zur Hippursäurebildung auch bei begünstigender Fütterungsweise nicht immer vorhanden sind, zeigten M. und S. Sie fanden bei einem durch schlechte Fütterung heruntergekommenen Kaninchen nach Verabfolgen von Aepfelschalen und chinasaurem Kalk keine Hippursäure. Weiske

Futter pro die in Kilogramm	Tränkwasser kg	Harnmenge kg	Specifisches Gewicht	Harntrockensubstanz pCt.	Hippursäure pCt.	Harnstoff pCt.	N-Gehalt von Hippursäure + Harnstoff pCt.	Gesammt-N direct bestimmt pCt.	Harnstoff pro die g	Hippursäure pro die g
1. 8,45 Weizenstroh u. 0,65 Bohnenschrot	23,23	3,70	1036	8,41	2,66	1,33	0,83	0,94	49,0	97,0
2. 10,85 Haferstroh u. 1,15 Bohnenschrot	30,55	7,63	1039	6,93	2,09	0,84	0,55	0,49	66,0	159,0
3. 5,2 Weizenstroh, 5,2 Kleeheu, 0,3 Bohnenschrot, 1,3 Stärke	35,88	6,18	1043	8,05	0,95	1,85	0,93	0,94	115,0	59,0
4. 5,2 Weizenstroh, 5,2 Kleeheu, 1,35 Bohnenschrot, 0,7 Stärke, 0,4 Zucker .	40,27	6,28	1044	8,29	0,87	2,41	1,19	1,11	174,0	63,0
5. 5,2 Weizenstroh, 5,2 Kleeheu, 2,5 Bohnenschrot, 0,4 Zucker	39,48	8,81	1043	8,41	0,74	3,12	1,45	1,24	275,0	65,0
6. 5,0 Weizenstroh, 5,0 Kleeheu, 3,2 Bohnenschrot, 0,85 Stärke, 2,0 Zucker, 0,2 Rüböl	55,06	12,93	1039	7,00	0,31	2,49	1,19	1,25	327,0	40,0
7. 5,0 Weizenstroh, 5,0 Kleeheu, 4,7 Bohnenschrot, 1,55 Zucker, 0,2 Rüböl .	50,90	13,52	1037	7,14	0,20	2,95	1,39	1,58	399,0	27,0
8. 5,0 Weizenstroh, 5,0 Kleeheu, 5,85 Bohnenschrot, 1,4 Stärke, 0,3 Rüböl .	59,00	11,60	1038	7,74	0,21	4,06	1,91	1,69	472,0	24,0
9. 8,93 Bohnenstroh u. 0,8 Bohnenschrot	27,42	6,30	1043	7,06	0,40	2,53	1,21	1,15	159,0	25,0
10. 7,44 Bohnenstroh . . .	27,88	8,17	1036	5,45	0,11	1,41	0,67	0,64	115,0	9,0
11. 8,45 Wiesenheu . . .	18,13	7,57	1042	7,91	1,30	1,73	0,91	0,92	131,0	98,0

ermittelte (durch Fütterungsversuche an Hammeln) auch einen Unterschied in der Wirkung der Rohfaser, je nach der Art ihrer Darstellung. Wurde Wiesenheu, dessen hippursäurebildende Wirkung vorher festgestellt war, mit verdünnter Schwefelsäure extrahirt, so schieden die Versuchsthiere nach Aufnahme desselben keine Hippursäure im Harn aus, wogegen dasselbe Heu mit verdünnter Kalilauge extrahirt, circa die Hälfte derjenigen Hippursäuremengen lieferte, welche bei Fütterung mit normalem Wiesenheu erhalten war.

Bleibt auch in diesem Punkte noch manches unklar, jedenfalls wird man nicht irre gehen, wenn man im Cerealienstroh einen Benzoesäure liefernden Körper annimmt. Ob derselbe mit Meissner's Cuticular-

substanz identisch ist, deren Existenz als chemisches Individuum keineswegs feststeht oder ob, wie früher angedeutet, plasmaartige Wandbestandtheile hierbei betheiligt sind, mag dahingestellt bleiben.

Eine Erklärung für die Verminderung der Hippursäurebildung unter Einwirkung leicht verdaulichen Beifutters dürfte unschwer in der thatsächlich vorhandenen Ausnutzungs-Depression der Rohfaser zu finden sein. Je grösser die Menge der leicht verdaulichen Substanzen, desto grösser die Quantität der Rohfaser, welche sich der Umsetzung entzieht, wodurch die Gelegenheit zur Hippursäurebildung eingeschränkt wird.

Auffällig erscheint in der Tabelle der Ueberschuss der Summe des in Harnstoff + Hippursäure enthaltenen Stickstoffs gegenüber dem Gesammt-N. Unzweifelhaft ist die Ursache hierfür in der Unzuverlässigkeit der Untersuchungsmethode zu suchen, namentlich in der Titrirung des Harnstoffs mit Quecksilberoxydnitrat. Letztere Methode ergiebt vielfach zu hohe Werthe, wie dies von Stohmann, Lehde, Baeber für Ziegenharn sicher nachgewiesen ist.

Selbstredend muss der Gesammt-N die Summe des N aus Harnstoff und Hippursäure übertreffen, da noch anderweitige N-haltige Bestandtheile im Rinderharn vorkommen.

Ammoniak wurde von Boussingault und Rautenberg in Mengen von 0,006—0,01 pCt. im Rinderharn gefunden.

Harnsäure kommt im Rinderharn nach Brücke und Limpricht ebenfalls vor; das Vorkommen von Kreatinin ist von Maly und Voit dargethan und lässt sich qualitativ durch die Weyl'sche Reaction constant erweisen. Quantitative Bestimmungen fehlen. Gegenüber der Harnstoff- und Hippursäurebildung fällt die Menge der genannten N-haltigen Harnbestandtheile keinenfalls ins Gewicht. Muthmasslich ist auch Phenacetursäure im Rinderharn vertreten, wenigstens gestattet eine Bemerkung Henneberg's diesen Schluss. H. fand, dass bei Fütterung mit Kleeheu und Bohnenstroh, wo die Hippursäure bis auf ein Minimum zurücktritt, aus dem eingedampften Harn auf Zusatz von Säure kleine, dunkelgefärbte, rundliche, feste Warzen auscrystallisiren, welche allerdings nach Auflösen in Alkali und wiederholter Fällung die Form von Hippursäurecrystallen annehmen.

Die organische Substanz beschränkte sich zuweilen auf Harnstoff und Hippursäure, enthielt aber in anderen Fällen, abgesehen von der Kohlensäure, bis zu 3 pCt. der Harntrockensubstanz sonstige Stoffe daneben; namentlich zeichnet sich der Kleeheuharn durchgehends durch hohe Procentzahlen (19,9—24,6) aus. Nach Verabfolgung von über 4 *kg* Rübensyrup pro 5 *kg* Lebendgewicht, trat Zucker im Harn auf. Dähnhard erhielt aus 8 *kg* Rinderharn 0,1 Inosit.

In einem von J. Munk untersuchten Harn von Milchkühen (Futter: Wiesenheu und Klee) von 1006—1013 specifischem Gewicht fanden sich 1—4 *mg* Phenol in 100 *ccm*, in der gesammten Tagesmenge 0,25—1 *g*, also $^2/_3$ derjenigen Menge, welche der Durchschnittsharn des Pferdes enthält. Indigo wurde in geringer Menge erhalten. Concentrirtere

Rinderharne zeigen vielfach violettrothe Färbung bei der Jaffe'schen Probe, ein Hinweis auf das Vorhandensein von Skatoxylschwefelsäure.

Die Mineralbestandtheile des Harns sind im Grossen und Ganzen gleichfalls vom Futter abhängig. Es vertheilen sich die anorganischen Bestandtheile derart, dass bei ausschliesslicher oder nahezu ausschliesslicher Rauhfutterdiät im Koth 55—98, im Harn 11—58 pCt., bei Verabfolgung von Rauhfutter und grösseren Mengen Beifutter im Koth 57—69, im Harn 34—48 pCt. ausscheiden werden.

Zusammengesetzt erwies sich die Harnasche eines 555 *kg* schweren Ochsen (auf 100 Theile Asche bezogen) im Durchschnitt für je drei Tage eines Monats wie folgt:

	Februar	März	Mai	Juli
Kohlensäure	20,27	18,07	16,27	17,49
Chlor	11,28	18,29	20,42	15,92
Schwefelsäure	5,54	2,26	4,42	5,32
Magnesia	1,89	0,83	0,97	1,47
Kalk	0,25	0,18	0,11	0,24
Eisenoxyd	0,19	0,10	0,10	0,15
Kieselsäure	0,49	0,44	0,36	0,49
Summe	39,91	40,17	42,65	41,08
davon ab Sauerstoff für 1 Aequ. Chlor	2,54	4,12	4,60	3,58
Rest	37,37	36,05	38,05	37,50
Kali und Natron aus dem Verlust	62,63	63,95	61,95	65,50
Insgesammt	100,00	100,00	100,00	100,00
Durchschnittliche Harnmenge . . *kg*	11,83	14,17	13,63	8,33
Trockensubstanz »	0,78	0,69	0,64	0,52
Asche incl. CO_2 »	0,40	0,46	0,47	0,30
Asche excl. CO_2 »	0,32	0,37	0,39	0,25
Trockensubstanz in 100 Harn	6,60	4,87	4,70	6,24
Asche incl. CO_2 in 100 Harn	3,47	3,25	3,45	3,60
Asche excl. CO_2 in 100 Harn	2,70	2,64	2,87	2,97

Der durchschnittliche Futterkonsum betrug pro die in Kilogramm:
im Februar 6,3 Haferstroh, 5,25 Kleeheu, 10,50 Rüben, 0,55 Rapskuchen, 0,25 Bohnenschrot, 9,05 Salz, 32,8 Trinkwasser;

im März 7,31 Haferstroh, 27,5 Rüben, 0,05 Salz, 15,1 Trinkwasser;
im Mai 7,37 Haferstroh, 15,0 Rüben, 0,59 Rapskuchen, 0,05 Salz, 24,1 Trinkwasser;
im Juli 8,82 Haferstroh, 1,5 Kleeheu, 0,3 Rapskuchen, 0,05 Salz, 33,76 Trinkwasser.

Phosphorsäure konnte in der Harnasche nur spurweise nachgewiesen werden. Inwieweit der Asphaltboden, welchen der Harn überströmte, bevor er in das Sammelgefäss lief und der eiserne Deckel des letzteren den Kieselsäure- und Eisengehalt beeinflusst hat, mag dahingestellt bleiben. Der von J. Munk untersuchte Rinderharn zeichnete sich von allen genauer untersuchten Thierharnen durch das constante, bedeutende Ueberwiegen der gebundenen Schwefelsäure über die präformirte (im Mittel um das 2,5fache) aus, während beim Pferde bei gleichem Fütterungsmodus erstere nur die Hälfte von der Menge der präformirten beträgt. Da der Indicangehalt sehr gering ist, die Menge der gebundenen Schwefelsäure mit ihrem 5—8fachen Theil ausreicht, das Phenol zu binden, so muss an der Bindung derselben noch ein anderer Körper betheiligt sein. Das Verhältniss von S : N = 1 : 17, im Mittel aus 4 Untersuchungen. Kali ist stets in (1/2—4fach) grösserer Menge vorhanden als Natron.

Im Harn von Saugkälbern ermittelte Wöhler neben Harnstoff und harnsaurer Magnesia auch Allantoin; Kreatinin ist ebenfalls vertreten. Unter den Mineralbestandtheilen kommen Phosphate in reichlicherer Quantität vor, weswegen der Harn sauer reagirt. Nach F. Müller enthält der Kälberharn kaum 1 pCt. feste Bestandtheile.

Schafharn. Den besten Ueberblick über die Zusammensetzung des Harns vom Schaf bei Wiesenheufütterung (1,1—1,2 *kg* pro die) gewährt eine von Henneberg nach Fütterungsversuchen mit 2 Hammeln combinirte Durchschnittstabelle.

Specifisches Gewicht . 1072

Wasser	86,06
Freie Kohlensäure	0,42
Trockenrückstand	13,52
	100,00

Bestandtheile des Trockenrückstandes:

Organische Substanz	7,96
Anorganische »	5,56
	13,52

Organische Substanz:		Elementarbestandtheile derselben:	
Harnstoff	2,21	C	3,96
Hippursäure	3,24	H	0,43
Ammoniak	0,02	O	2,20
Sonstige organische Substanz	2,07	N	1,37
Gebundene Kohlensäure	0,42		
	7,96		7,96

Anorganische Substanz:	
Chlornatrium	1,05
Chlorkalium	1,84
Kali	2,08
Kalk	0,07
Magnesia	0,20
Phosphorsäure	0,01
Schwefelsäure	0,24
Kieselsäure	0,07
	5,56

Von N entfallen auf:	
Harnstoff	1,03
Hippursäure	0,27
Ammoniak	0,02
Sonstige N-haltige Substanzen	0,05
	1,37

Der Wasserconsum der beiden Versuchshammel schwankte zwischen ca. 1—2,5 *kg*, die Harnmenge zwischen 500—800 *g*. In der 24 stündigen Harnmenge waren enthalten 62—90 *g* Trockensubstanz, 9—15 *g* Harnstoff, 15—24 *g* Hippursäure (Gesammtstickstoffgehalt 6,6—8,9), Mineralstoffe 24,5—36,9.

Harnstoff und Hippursäure stehen in dem Gewichtsverhältniss von nahezu 2 : 3, wohingegen bei derselben Fütterungsweise im Rinderharn auf 16—20 Gewichtstheile Harnstoff 11—13 Gewichtstheile Hippursäure beobachtet wurden. Nach den Beobachtungen von Wolff, Funke, Kreuzhage, Kellner besteht auch dem Pferde gegenüber insofern ein Unterschied in der Hippursäureausscheidung, als bei diesen die grössten Hippursäurequantitäten bei der Fütterung von altem, rohfaserreichen Heu ausgeschieden wurden, während beim Schafe gerade das umgekehrte der Fall ist; hier enthält der Harn die meiste Hippursäure bei Verfütterung des proteinreichen, sehr jungen Heues. Trotz der absolut grösseren Menge der Hippursäure überwiegt beachtenswerther Weise der N des Harnstoffs jenen der Hippursäure. Das Verhältniss gestaltet sich wie 4 : 1. Es hat dies in dem nahezu 6fach höheren procentischen N-Gehalt des Harnstoffs seinen Grund (Harnstoff 46,67 pCt., Hippursäure wasserhaltig 7,28, wasserfrei 8,24 pCt. Stickstoff). Die sonstigen N-haltigen Bestandtheile des Harns (Ammoniak, muthmasslich auch Kreatin und Harnsäure (Henneberg) treten gegen die beiden vorigen ganz und gar zurück. Im sauren Harn eines stark leukämischen Schafbocks fand Weiske ein gelbliches Sediment, welches sich als Xanthin erwies. Nach 4—5tägigem Stehen zeigte das Sediment alle Reactionen der Harnsäure, so dass Weiske eine Umwandlung des Xanthins in Harnsäure für wahrscheinlich hält. Eine später entnommene Harnprobe enthielt schon im frischen Zustand reichliche Mengen von Harnsäure, die sich auf HCl-Zusatz ausschieden. Als Futter waren Heu, Hafer und Rüben verabreicht worden.

Der Gehalt des Harns an Mineralstoffen hängt auch beim Schaf in der Hauptsache von den Löslichkeitsverhältnissen derselben im Darm ab. Die schwer löslichen Erden bleiben vorwiegend im Koth zurück, die leicht löslichen Alkalien gehen vorwiegend in den Harn über. Das Verhalten des Kali und Natron, ebenso des Calcium und Magnesium ist jedoch kein ganz gleichmässiges. Während das Kali zum weitaus

grössten Theile dem Harn anheim fällt, ist dies beim Natron keineswegs in gleichem Grade der Fall; man trifft davon eine nicht zu vernachlässigende Menge im Kothe an. Ein ähnlicher Unterschied besteht in Uebereinstimmung mit den Beobachtungen beim Rinde zwischen Kalk und Magnesia. Die Ausscheidung des Kalks durch den Koth ist absolut und relativ weit vollständiger als die der Magnesia; der Kalk überwiegt im Schafkoth die Magnesia um das 2—3fache, während umgekehrt im Harn nahezu 3 Gewichtstheile bei Magnesia auf 1 Gewichtstheil Kalk kommen. Da 1,84 Chlorkalium, 1,16 Kali und 0,87 Chlor entsprechen, beträgt die Gesammtmenge an Kali 2,08 + 1,16 = 3,24 pCt., 1,05 Chlornatrium entspricht 0,55 Natron und 0,64 Chlor. Der Chlorgehalt stellt sich demnach auf 0,64 + 0,87 = 1,51 pCt.

Ziegenharn. Untersuchungen des Ziegenharns sind von Stohmann, Lehde und Baeber bei Gelegenheit einer Reihe von Stoffwechselversuchen an 2 Milchziegen ausgeführt worden. Zur Ermittelung der N-haltigen Bestandtheile wandten sie dasselbe Verfahren an, wie es sich beim Rinde in den Versuchen von Henneberg und Stohmann bewährt hatte.

Für den Harnstoff: Neutralisation des alkalischen Harns mit verdünnter Salpetersäure, Neutralisation mit Magnesia, Fällung des Filtrats mit salpetersaurem Eisenoxyd, Beseitigung des geringen Ueberschusses an Eisenoxyd durch Baryt und endliche Titrirung mit salpetersaurem Quecksilberoxyd nach Liebig, unter Hinzunahme der von Rautenberg angebrachten Modifikation der Endreaction durch doppeltkohlensaures Natron; für Hippursäure: Verdampfung von 200 *ccm* Harn, Abscheidung der Säure durch Salzsäure. Controlbestimmungen durch Ermittelung des Gesammt-N ergaben jedoch stets weniger N als nach den Harnstoff- und Hippursäurebestimmungen berechnet wurde. (N im Harnstoff + Hippursäure überstieg den direct bestimmten Gesammt-N um 16—60 pCt.)

Aus den 3 mit den geringsten Fehlern behafteten Analysen für die 3,2 *kg* schwere Ziege sind nachstehende Mittelwerthe berechnet worden:

Spec. Gewicht 1041
Menge 1032 *g*

Harnstoff . .	2,44 pCt.	26,77 *g* p. d.
Hippursäure . .	1,28 »	16,74 » »
Gesammt-N . .	1,05 »	11,44 » »

N gefunden aus Harnstoff + Hippursäure 13,33. Als Futter waren verabreicht worden durchschnittlich 1,194 *kg* Heu, 375 *g* Leinkuchen und 3,486 *kg* Wasser. Spuren von Harnsäure fanden Brücke und Meissner im Ziegenharn.

Bemerkenswerth ist der von Wilsing an einem 69 *kg* schweren Ziegenbock geführte Nachweis von flüchtigen Fettsäuren im Urin. Bei einem Futter von 1,5 *kg* Wiesenheu schied das Versuchsthier 0,935—2,934 *g* Fettsäuren im Tagesharn aus.

Reducirende Substanzen als Milchzucker berechnet, ermittelte Dehmel zu 0,15 *g* p. d. im Harn einer Ziege, deren Milch nicht abgemolken wurde; im Tagesharn eines gesunden Hammels zu 0,05 *g*.

Aschenanalysen des Trockenrückstandes von Ziegenharn sind

von Weiske ausgeführt. Zur Harngewinnung wurden 2 Ziegen eines und desselben Wurfes benutzt, von denen die eine (I) sehr frühzeitig der Milch entwöhnt worden war und Grünklee und Rübenblätter erhielt, während die andere (II) ³/₄ Jahr lang mit Milch ernährt wurde.

Der Harn hatte bei I die normale Beschaffenheit des Herbivorenharns, war trübe, alkalisch, mit Säuren aufbrausend, sehr concentrirt (specifisches Gewicht 1058); der Harn von II CO_2-frei, klar, sauer und dünn (specifisches Gewicht 1011). Die Harnasche bestand aus:

	I. Pflanzenkost	II. Milchnahrung
Kali	34,91 pCt.	42,83 pCt.
Natron	22,48 »	14,05 »
Kalk	0,77 »	0,98 »
Magnesia	3,28 »	0,61 »
Eisenoxyd . . .	Spur	Spur
Kohlensäure . . .	10,40 »	— »
Kieselsäure . . .	0,59 »	— »
Schwefelsäure . .	16,89 »	3,02 »
Phosphorsäure . .	Spur	22,22 »
Chlor	13,35 »	20,67 »
	102,67 pCt.	104,38 pCt.
ab für Chlor	3,01 »	4,66 »
	99,66 pCt.	99,72 pCt.

Diese Analysen können geradezu mit als Beweis gegen die Liebig'sche Theorie der Phosphorsäureausscheidung verwerthet werden. Liebig nimmt an, dass das Fehlen der Phosphorsäure im Pflanzenfresserharn bis auf Spuren dadurch bedingt sei, dass beim Pflanzenfresser der Darm die in Circulation befindliche Phosphorsäure an Stelle der Niere absondere; daher die relativ grosse Quantität von Phosphorsäure in den Fäces und das Fehlen im Urin der Pflanzenfresser. Offenbar sondert aber die Niere des Pflanzenfressers Phosphorsäure ebenfalls ab, wie aus der Aschenanalyse von II ersichtlich, sofern nur solche sich in Circulation befindet. Ob dies eintritt oder nicht, darüber entscheiden hauptsächlich die im Darmkanal eintretenden chemischen Umsetzungen, welche bei Ernährung mit Pflanzenkost anders verlaufen als bei Milch oder Fleischkost.

Schweineharn. Abgesehen von älteren Analysen des Schweineharns durch Lassaigne, Boussingault, v. Bibra, deren Resultate wegen der früheren, den heutigen Ansprüchen nicht mehr genügenden Untersuchungsmethoden übergangen werden können, sind systematische Prüfungen von Heiden, Voigt, Wetzke vorgenommen worden, obwohl auch nur in beschränktem Umfange. Bei den Versuchen Heiden's über Ausnutzung von Erbsen, Mais, Gerste, Roggenkleie unterblieb die Harnuntersuchung. Nur bei der Futtercombination von 3,0 *kg* Erbsen, 1,8 *kg* Kartoffelstücke, 5,2 *kg* saure Milch, 5 *kg* Trinkwasser pro die (I) nnd 1,0 *kg* Gerste, 5,0 *kg* Kartoffeln, 2,572 *kg* Milch und 0,286 *kg* Trinkwasser (II) wurde der Harn einer Analyse unterzogen.

Die Ausführung derselben brachte einige Schwierigkeiten mit sich, da der Harn sich fast unmittelbar nach der Entleerung trübte. Aus diesem Grunde wurde der Harn filtrirt, Filtrate und Filterrückstand für sich untersucht. In Nachstehendem sind die Mittelzahlen von je 6 Versuchstagen angegeben.

Filtrirter Harn.

	I	II
Harnmengen	4,089 *kg*	4,913 *kg*
Specifisches Gewicht	1018	1015
Trockensubstanz	2,768 pCt.	2,268 pCt.
Gesammt-Stickstoff	0,604 »	0,375 »
Ammoniak	0,024 »	0,023 »
Asche	1,234 »	1,107 »

Filterückstand.

	I	II
Aus den Einzelbestandtheilen berechnete Mengen	5,482 *g*	5,127 *g*
Phosphorsaures Eisenoxyd	3,988 pCt.	4,003 pCt.
Phosphorsaurer Kalk	2,623 »	5,098 »
Phosphorsaure Ammoniak-Magnesia	93,389 »	90,899 »

In 100 Gesammtharn.

	I	II
Wasser	95,464 pCt.	96,078 pCt.
Trockensubstanz	2,726 »	2,310 »
Stickstoff	0,605 »	0,437 »
Asche	1,205 »	1,175 »

In 100 Gesammtasche.

	I	II
Kali	59,586 pCt.	58,656 pCt.
Natron	0,359 »	0,288 »
Kalk	0,356 »	0,763 »
Magnesia	1,723 »	1,635 »
Eisenoxyd	0,272 »	0,204 »
Kohlensäure	10,977 »	7,504 »
Kieselsäure	9,306 »	11,053 »
Phosphorsäure	11,429 »	11,838 »
Chlor	5,900 »	7,988 »
	100,004	99,998

Von keinem der älteren Beobachter konnte Hippursäure oder Harnsäure nachgewiesen werden. Aus den Heiden'schen Analysen lässt sich nicht entnehmen, welche Substanzen sich an der Lieferung des Gesammt-N betheiligen. Salomon, welcher 5,5 *l* sauren, aus den Blasen geschlachteter Schweine gewonnenen Urin auf Harnsäure nach dem Salkowski'schen Verfahren prüfte, isolirte daraus 0,65 *g*. Die Schlachtthiere waren mit Roggenkleie in den letzten Tagen ernährt worden und befanden sich seit 16—22 Stunden im Hungerzustande. In weiteren 2 *l* Harn fand derselbe 0,0265 pCt. Harnsäure und 4,5 pCt. Harnstoff ein Verhältniss von 1 : 150. Ferner wurde nachgewiesen

Xanthin, Kreatin und eine in Aether lösliche Säure, welche S. als Bernsteinsäure auffasst. Pecile ermittelte im Harn eines nur mit Kleie gefütterten, anscheinend gichtkranken Schweines 0,0068 *g* Guanin im Liter neben 0,0034 *g* Xanthin.

Für die Gegenwart von Hippursäure im Schweineharn fand S. keinerlei Anzeichen, ohne dass er deren Gegenwart unbedingt ausschliessen möchte. Thatsächlich ist das Vorkommen von Hippursäure durch Meissl, Strohmer, Lorenz im Schweineharn erwiesen. Bei Reisfütterung (2 *kg* Reis, 10 *l* Wasser, 15 *g* Kochsalz) betrug die Hippursäurequantität nach gelegentlich vorgenommenen Bestimmungen 0,01 bis 0,03 pCt. Der azometrisch durch Zersetzung des Harns mit unterbromigsaurem Natron gefundene N, welcher das Maximum des im Harn enthaltenen Harnstoffs repräsentiren dürfte, verhält sich zum Gesammt-N durchschnittlich nur wie 1 : 1,1—1,2. Relativ am meisten als Harnstoff war im Hungerzustande und nach Fütterung mit Fleischmehl, am wenigsten nach der Fütterung mit Reis im Harn enthalten. Dies ergiebt sich auch aus dem Verhältniss von N : C, das bei reinem Harnstoff 1 : 0,43 beträgt, während im Schweineharn auf 1 Theil N beim Hungern und bei Fleischmehlkost 0,4 Theile, bei Gerste 1 und bei Reis mehr als 1 Theil C trafen. Harnsäure constatirte Meissl selbst bei Hunger und Fleischmehlfütterung nur in Spuren. — Zucker fand sich nach Fleischmehl- und Molkefütterung nicht, obwohl das Schwein relativ nahezu ebenso viel Zucker verzehrte als der Ochse von Henneberg und Stohmann, nämlich beiläufig 4 *g* pro Tag und Kilogramm Körpergewicht.

Hundeharn. Eine summarische Uebersicht über die Hauptbestandtheile des Urins vom Hunde bei verschiedenem Futter, lässt sich aus den Arbeiten von Bischoff und Voit gewinnen, welche für die Lehre vom Stoffwechsel ein bis dahin fehlendes sicheres Fundament legten. Nachstehende Angaben in Tabellenform beziehen sich sämmtlich auf ein und denselben Hund von 34,0 *kg* mittlerem Gewicht; sie enthalten das Mittel aus 2—3 Versuchstagen, deren Datum zur leichteren Orientirung im Original (Gesetze der Ernährung des Fleischfressers von B. und V.) ebenfalls angeführt ist.

(Siehe Tabelle S. 401.)

Die Harnreaction war fast immer eine saure, nur nach Leimfütterung vorübergehend alkalisch. In letzterem Falle riecht der Harn meistens eigenthümlich knoblauchartig, besonders, wenn er mit Kalk oder Barytwasser versetzt ist. Bei der Destillation geht der Geruch in das ammoniakalische Destillat mit über.

Im Hungerzustand zeigt der Harn eine rothgelbe Farbe, fliesst dick wie Oel und scheint sehr concentrirt zu sein, obwohl er kein höheres specifisches Gewicht besitzt als der helle Fleischharn. Er ist immer sauer und nimmt häufig unter Zusatz von Salpetersäure, welche

Versuchstage	Nahrung in Gramm	Trinkwasser ccm	Harnmenge ccm	Harnmenge g	Specifisches Gewicht	Harnstoff g	Salze p. d. g	Schwefelsäure p. d. g
28. bis incl. 30. Nov. 1858	Hungertage	—	171	179	1048	16,594	2,55	—
2.—3. April 1858	450 Stärke, 5 Salz	322	256	264	1031	12,176	1,87	0,459
15.—16. März 1858	340 Fett	176	137	145	1055	14,308	2,20	0,876
27.—28. März 1858	433 Zucker	200	242	253	1045	17,114	3,32	—
26.—27. März 1858	260 Fleisch, 325 Stärke, 5 Salz	257	252	265	1049	21,076	5,53	0,791
17.—19. Octbr. 1858	956 Brod	1017	899	914	1029	27,069	13,15	—
26.—28. Juni 1859	500 Fleisch, 200 Zucker	348	366	383	1049	35,560	5,47	—
4.—6. Mai 1859	200 Leim	865	689	713	1036	65,689	2,06	3,69
12.—14. Decbr. 1858	1250 Fleisch, 250 Fett	97	702	740	1054	80,703	12,21	2,459
13.—15. Sept. 1858	200 Fleisch, 200 Leim	787	1147	1182	1031	90,808	6,40	—
5.—7. Decbr. 1858	2500 Fleisch	271	1799	1881	1046	172,711	26,57	—

etwas salpetrige Säure enthielt eine dunkelgrüne Nuance an. Reaction und Farbe wechseln mit der Futterqualität.

Bei Fütterung mit Stärke ist der Harn ziemlich dunkel, dunkler als bei Fleischfütterung und von saurer Reaction. Bei 450 *g* Stärke pro Tag ergab sich bei Anwendung der Trommer'schen Probe kein rother Niederschlag, sondern nur eine Entfärbung der Flüssigkeit mit Bildung einer grüngelblichen oder weisslich grauen Fällung.

Der Harn nach Fettfütterung ist rothgelb und oft auffallend stark sauer; wenn jedoch sehr viel Fett auf einmal gereicht wurde, reagirten die ersten Portionen des entleerten Harns neutral, die späteren aber immer stark sauer. Erhielt der Hund viel Fett, so roch der Harn ganz eigenthümlich, der knoblauchartige Geruch war in den Hintergrund getreten.

Wurde Zucker gefüttert, so war der Harn stets stark sauer, dunkelgelbroth gefärbt. Die Trommer'sche Probe ergab nicht immer positive Resultate, namentlich bei Fütterung mit Fleisch und Zucker; mitunter lässt sich Zucker nachweisen, während am folgenden Tage ohne Aenderung der Kost Zucker im Harn zu fehlen scheint. Bei reiner Zuckerfütterung enthielt der Harn durch Titriren mit Fehling'scher Lösung bestimmt durchschnittlich 1,33 *g* Zucker. — Näheres über Zuckerausscheidung nach Einführung von Kohlehydraten soll weiter unten mitgetheilt werden (cf. reducirende Substanzen).

Nach Brodfütterung erscheint der Harn dunkel gefärbt, viel dunkler als nach Fleischkost; er ist gelbroth und trübe. Gewöhnlich reagirt er stark sauer und setzt demnach ein Sediment der schönsten Tripelphosphatkrystalle ab.

Der Leimharn ist etwas dunkler gelb gefärbt, als der nach Fleischkost und hat meist, wenigstens die ersten Portionen nach der Fütterung, einen eigenthümlichen Leimgeruch; diese ersten Portionen reagiren auch alkalisch, die späteren aber etwa 10 Stunden nach der Nahrungsaufnahme schon sauer. Es fiel stets nach einigem Stehen des Harns eine reichliche Quantität eines schmutzig gelben Sediments zu Boden, das aus grösseren und kleineren Octaedern von oxalsauerem Kalk bestand; bei keiner anderen Fütterungsweise begegnete man diesem Sediment wieder. Der durch Fleischkost erzeugte Harn ist, wenn viel Fleisch gereicht wird, hell und von einer gelben Farbe. Nur bei wenig Fleisch wird er dunkel, obwohl nicht concentrirter. Der Fleischharn zeigt hellere Färbung als der nach Fettfütterung entleerte, obwohl ersterer ein höheres specifisches Gewicht besitzt; er reagirt immer sauer.

Das specifische Gewicht des Hunde-Urins schwankt zwischen 1016 und 1060, meist variirt es innerhalb 1040 und 1050. Nicht immer hat der in geringen Mengen abgesonderte Harn auch ein hohes specifisches Gewicht. So ist z. B. der Hungerharn mitunter specifisch leichter als der in grösseren Mengen bei reiner Fleischkost producirte. Auf die Grösse des specifischen Gewichts wirken hauptsächlich zwei Factoren ein, der Procentgehalt an Harnstoff und der an anorganischen Bestandtheilen. Im Allgemeinen kann man wohl sagen, je specifisch schwerer ein Harn ist, desto mehr Harnstoff in gleichen Mengen. Nach Voit ist es aber unmöglich, aus dem specifischen Gewicht des Harns, irgend eine allgemeine gültige Formel für den entsprechenden Harnstoffgehalt aufzustellen, wie dies verschiedentlich versucht wurde, da neben dem Harnstoff die Salze von erheblichen Einfluss auf das specifische Gewicht sind. Bleibt man längere Zeit bei gleicher Kost, füttert man z. B. nur Fleisch, so lässt sich eine Relation zwischen Harnstoff und specifischem Gewicht unschwer ermitteln; ändert sich aber die Kost, so würde die ursprüngliche Formel ihre Gültigkeit verlieren da z. B. im Brod das Verhältniss der N-haltigen Theile zu den Salzen ein anderes ist als im Fleisch und diese Aenderung sich auch in den im Harn erscheinenden N-Bestandtheilen und Salzen geltend macht. Bei Leimfütterung würde sich die Formel wiederum anders gestalten müssen, weil in diesem Falle der N-Gehalt steigt. Hieraus lässt sich entnehmen, dass die Aufstellung einer allgemeinen gültigen Formel, die den Harnstoffgehalt oder auch den Gehalt an Trockensubstanz aus dem specifischen Gewicht zu berechnen gestattet, nicht realisirbar ist. Aus dem Gleichbleiben des specifischen Gewichts, trotz Abnahme der procentigen und absoluten Harnstoffmengen, kann man schliessen, dass der procentige und absolute Salzgehalt im Harn allmählich wachsen muss. Es trifft

dies zu für den Hungerzustand, für ungenügende Fleischdiät und N-freie Kost. Bei Brodnahrung führt man im Verhältniss zu den N-haltigen Theilen relativ weit mehr Salze ein als bei Fleischkost, denn während im Fleischharn das Verhältniss der Salze zum Harnstoff 1 : 6,5 ist, stellt es sich hier auf 1 : 1,87. Wir sehen deshalb auch das specifische Gewicht bei Ernährung mit Brod sich vielfach auf derselben Höhe erhalten wie bei Fleischkost.

Wie oben schon hervorgehoben, steigt bei Leimnahrung die Harnstoffmenge, die Salze nicht; trotzdem kann das specifische Gewicht grösser sein als z. B. im Harn nach Brodkost, welcher bis zum 6fachen mehr Salze enthält als der Leimharn.

Unter den N-haltigen Bestandtheilen prävalirt der Harnstoff bedeutend. Der Procentgehalt an Harnstoff schwankt zwischen 2,5 und 13,6 pCt. bei Durchschnittskost zwischen 4—6 pCt. Das Minimum der Tagesquantität erhielt Voit beim Uebergang von Fleisch-Fett-Fütterung zu Fettfütterung mit 5 *g*, das Maximum bei reichlicher Fleischkost mit 181 *g*. Bei Fleischfütterung findet sich Harnsäure nur in geringen Mengen, nach Brodfütterung scheint dieselbe ganz zu fehlen, dagegen kommt im Hundeharn die Kynurensäure vor. Voit und Riederer fanden dieselbe nicht sowohl bei jeder beliebigen Ernährungsweise, sondern auch im Harn des hungernden Hundes. Es scheinen jedoch individuelle Verschiedenheiten obwaltend zu sein, denn von Eckhardt, Meissner u. A. konnte Kynurensäure in Begleitung von Harnsäure, bei anderen Versuchshunden wiederum Harnsäure nur allein nachgewiesen werden. Kretschy erhielt von einem 34 *kg* schweren Hund, dessen Tagesration aus 1 *kg* Fleisch und 70 *g* Brod bestand, im ersten Monat 0,2 *g*, später 0,8 *g* pro die an roher Kynurensäure. Einen ähnlichen Körper isolirte Jaffe aus dem Harn eines Hundes mit niedrigem Harnstoffgehalt, die Urocaninsäure, deren Zusammensetzung zu $C_6H_6N_2O_2 + 2\,H_2O$ ermittelt wurde. Das Verhältniss von Harnsäure und Kynurensäure zu Harnstoff beträgt nach Naunyn und Ries bei Hunger und Fleischkost 1 : 105, starke Schwankungen nicht ausgeschlossen. Ferner ist Kreatinin ein constanter Bestandtheil des sauren Hundeharns; wird derselbe durch Eingaben von essigsaurem Natron alkalisch gemacht, so enthält derselbe überwiegend Kreatin an Stelle des Kreatinin. Bezüglich der quantitativen Bestimmung des Kreatinin im Hundeharn sei bemerkt, dass hier ganz besonders die Neubauer'sche Chlorzinkmethode erheblich geringere Werthe ergiebt als der Wirklichkeit entsprechen. Voit gewann aus dem Tagesharn eines Hundes bei knapper Kost 0,5 *g*, nach starker Fleischfütterung 4,9 *g*. Von dem mit der Harnsäure in Beziehung stehenden Allantoin — dasselbe findet sich constant nach Fütterung mit Harnsäure im Hundeharn — erhielt Salkowski in 4 Tagen 0,8 *g* von einem mit Fleisch gefütterten Hunde. Nicht immer kann es unter gleichen Verhältnissen gewonnen werden, denn von einigen anderen Versuchshunden schied nur noch einer derselben Allantoin aus. Nach

Frerichs und Städeler tritt es bei Hunden mit künstlichen Respirationsstörungen auf.

Hippursäure ist im Hundeharn auch bei Fleischdiät resp. Hunger nachgewiesen. Hunde von 15—24 *kg* scheiden pro die 0,087—0,204 *g* Hippursäure aus. Im Maximum betrug die Hippursäure $^1/_{129}$ des Harnstoffs. Künstliche Darmstenose hat keinen Einfluss auf die Hippursäureproduction (Salkowski). In Form von Ammoniumverbindungen werden nicht unerhebliche Stickstoffmengen abgegeben. Salkowski und Munk constatirten in dem sauren Urin eines 20—22 *kg* schweren Hundes, der mit 400 *g* Fleisch und 50 *g* Speck ernährt wurde, eine tägliche NH_3-Ausscheidung von 0,7—0,9 *g* oder auf Körpergewichtseinheit reducirt pro Kilo 0,043 p. d. (bei Kaninchen 0,0065). Das Verhältniss von Ammoniak zum Gesammt-N ($NH_3 : N$) betrug 1 : 15 (bei Kaninchen 1 : 54). Durch Zusatz von 10 *g* Natriumacetat zum Futter verringerte sich die Menge des täglich ausgeschiedenen Ammoniums bis auf 0,4 bis 0,5, wobei die Harnmenge gleichzeitig von 200—300 *ccm* auf 600 bis 800 *ccm* anstieg. Das Verhältniss $NH_3 : N$ stellte sich auf 1 : 57, und zwar nicht allein als Folge der NH_3-Depression, sondern auch durch die Steigerung der Gesammtstickstoffausscheidung um 3—5 pCt. Im Harn eines hungernden Hundes fand Feder das Verhältniss $NH_3 : N = 1 : 14$. Es ist demnach die Annahme berechtigt, dass auf die Grösse der NH_3-Ausscheidung jene im Organismus normal vorhandenen oder künstlich gesetzten Bedingungen, welche die Alkalescenz des Harns bestimmen, nicht ohne Einfluss sind.

Von den aromatischen Substanzen ist das Indigo mehrfach zum Gegenstand quantitativer Analysen gemacht worden. Hoppe-Seyler, später Jaffe und Salkowski, haben gezeigt, dass Indican im Hungerzustande aus dem Urin nicht verschwindet. Letzterer stellte aus dem Harn eines Hundes, welcher 5 Tage gehungert hatte, 4—5 *mg* Indigo dar (bei 10—11 *g* Harnstoffausscheidung). Die Fütterung mit Gelatine (150 pro Tag) steigerte die Harnstoffausscheidung auf 52 *g* pro die, während die Indigoausscheidung auf 3 *mg* sank. Als aber eine dem N-Gehalt der Gelatine entsprechende Quantität ausgewaschenes Blutfibrin gefüttert wurde (600 *g* Fibrin mit 10 *g* Fleischextract), hob sich die Indigoausscheidung auf 16—17 *mg* (42 *g* Harnstoff). Bei der darauf folgenden Fütterung mit 600 *g* war die Harnstoffausscheidung fast dieselbe, die Indigomenge noch grösser. Nach Unterbindung des Dünndarms fand Jaffe Indigoausscheidung bis zu 43,2 *mg* pro Tag. Vom Phenol hat Baumann nachgewiesen, dass es auch bei reiner Fleischkost noch im Urin ausgeschieden wird und van den Velden fand es auch im Hungerzustande; desgleichen constatirte auch Baumann selbst am 3. und 4. Hungertage noch schwache Reaction auf Phenol und Indoxyl, wohingegen J. Munk bei verschiedenen Hunden nach Fleisch und Fettfütterung keine Spur Phenol aufzufinden vermochte. Nach Verabfolgung von Calomel, das nach den Ermittelungen von Wassilieff im Darm fäulnisswidrig wirkt, war der Harn vollständig

frei von Aetherschwefelsäure und enthielt auch nicht die geringste Spur von Indoxyl und Hippursäure; die Kynurensäureausscheidung wird, wie früher bereits erwähnt, hiervon nicht betroffen.

Die Ausscheidung der reducirenden Substanzen des Hundeharns schwankt bei Fleischfütterung ungeachtet des bestehenden N-Gleichgewichts (500 Fleisch p. d. bei einem 11 *kg* sehweren Hund) nach J. Munk innerhalb sehr weiter Grenzen, nämlich zwischen 0,14 und 0,42 pCt. und zwischen 0,37 und 1,289 *g* pro Tag. Der Mittelwerth 0,285 pCt. (0,8 *g* p. d.) liegt noch etwas unter demjenigen des Menschenharns (0,3 pCt.). Da, soweit Erfahrungen hierüber vorliegen, bei Fleischnahrung und bei constanter Harnstoffausscheidung auch die Ausfuhr von Kreatinin und Harnsäure annähernd gleichmässig ist, können die Schwankungen in der Abgabe der reducirenden Substanzen durch den Harn zumeist nur auf die Glykurensäureverbindungen bezogen werden. Bei vegetabilischer Kost (120—150 *g* Schwarzbrod, zum Theil mit 20 *g* Zucker) beträgt die Tagesausscheidung im Mittel 0,682 *g*; Munk schliesst hieraus, dass die Kohlehydrate der Nahrung auf die Ausscheidung der reducirenden Substanzen einflusslos sind, denn der Mittelwerth dreier Hungertage 0,672 *g* komme dem bei kohlehydratreichen Futter gefundenen so nahe, dass die Differenz innerhalb der Fehlergrenzen liegt.

Nach F. Hoffmeister's Untersuchungen kommen aber Ausnahmen vor. Ein Hund, welcher eine mehrtägige Hungerperiode überstanden hat oder sich im ungenügenden Ernährungszustand befindet, geräth nach reich bemessener Einführung von Kohlehydraten (Kleister) in einen Zustand vorübergehender Glykosurie. Diese beginnt frühestens 1 Stunde nach der Stärkefütterung, wobei bis zu 10 pCt. der eingeführten Stärke als Zucker ausgeschieden werden. Der Hungerzustand setzt somit die Assimilationsgrenze für den aus dem Darm resorbirten, bei der Verdauung gebildeten Zucker herab. Bei fortgesetzter ungenügender Ernährung leidet auch die Zuckerbildung im Darm; es stellt sich dann Gleichgewicht zwischen Zuckerbildung, Resorption und Assimilation ein und der Zucker im Harn bleibt aus. Verfütterung von reinem Zucker in gewissem Ueberschuss giebt ebenfalls zum Auftreten reducirender Substanzen im Harn Veranlassung. Die Assimilationsgrenzen sind beim Hund, ebenso beim Menschen individuell verschieden und richten sich auch nach der Qualität des Zuckers. Am leichtesten verursacht Galactose Glykosurie, bei einem 2,6 *kg* schweren Hunde schon 1 *g*; dann folgt Milchzucker (2 *g*) oder entsprechende Mengen Kuhmilch. Die Assimilationsgrenze des Traubenzuckers lag für den erwähnten Versuchshund bei 5—6 *g* d. h. eine jede dieses Quantum übersteigende Menge bedingte Zuckerausscheidung mit dem Harn. Rohrzucker erzeugte erst bei einer 10 *g* übersteigenden Menge Glykosurie. In dem stark links drehenden Harn tritt alsdann neben Lävulose und Dextrose mitunter unveränderter Rohrzucker auf.

Jaffe gelang es, nach Verfütterung von Roggenbrod aus Hundeharn Mannit darzustellen (aus der 14tägigen Harnmenge 3,0 *g*); bei Untersuchung des Brodes fand sich aber Mannit im Brod vor, vielleicht von beigemischtem Secale cornutum herrührend.

Den Nachweis von Oxalsäure im Hundeharn bei jeder Fütterungsweise erbrachte Mill vermittelst der Schultzen'schen Methode. Von einem 31 *kg* schweren Hunde erhielt Mill bei reiner Fleischkost

11,1 *mg*, bei Fleisch- und Fettnahrung 5,4 *mg*, bei Fleisch und Brot 3,6 *mg*, im Durchschnitt mehrerer Tage. Die extremen Werthe sind 1,6 und 20,8 *mg* p. d.

Der Aschengehalt des Urins steigt mit der Menge des umgesetzten Fleisches. Von 100 *g* Salz, welche von zersetztem Fleisch herrühren, werden im Mittel ungefähr 81 *g* durch den Harn entleert. Wird wenig Fleisch verabfolgt, so enthält der Harn beinahe ebensoviel Salze, wie in dem eingeführten Fleisch geliefert wurde. Bei Brodkost ist der Salzgehalt gegenüber der Fleischkost relativ und absolut vermehrt. Im Uebrigen kann bezüglich der sonstigen Verhältnisse auf das bei Besprechung des specifischen Gewichts Gesagte verwiesen werden. Von den einzelnen Aschebestandtheilen verdient in erster Linie

das Chlornatrium unsere Berücksichtigung. Bei einer achttägigen Versuchsreihe von Voit, wobei 500 *g* Fleisch und 280 *g* Fett verfüttert wurden, fanden sich im Mittel 0,28 *g* Kochsalz p. d. im Harn, beim Hungern 0,3 *g*; bei 2000 *g* Fleisch und 200 *g* Leim 1,12 *g*, bei Brodkost annähernd ebensoviel.

Auch die Ausscheidung des Schwefels in Form der verschiedenen S-Verbindungen wird wesentlich abhängig sein von der Zufuhr S-haltiger Substanz mit der Nahrung.

Trockenes Fleisch enthält, den S als Schwefelsäure berechnet, 2,25 pCt., trockenes Brod nur 0,68 pCt. Setzt ein Hund viel Fleisch um, so werden dementsprechend viel Schwefelverbindungen im Harn sich finden, bei Brodkost weniger. Die Verringerung des S-Gehalts im Urin bei Hunger wird in erster Linie veranlasst durch Abnahme der Aetherschwefelsäure (B), weniger durch Ausfall in der Ausscheidung der präformirten (A). Aus den folgenden von van den Velden ermittelten Zahlen sind diese Verhältnisse ersichtlich. Die einzelnen Angaben beziehen sich auf einen Hund, welcher vor Anstellung des Versuches mit Fleisch und Kartoffeln ernährt wurde.

Urinmenge	A	B	Verhältniss A : B	Bemerkung
200	0,6948	0,0412	1 : 0,0593	Futter erhalten
80	0,5427	0,0269	1 : 0,0495	Hunger
50	0,2718	0,0095	1 : 0,0349	»
zwei Tage Anurie				
60	0,4423	0,0141	1 : 0,0319	»
300	0,6660	0,0570	1 : 0,0856	Futter erhalten

Für den Fall, dass eine getrennte Entwickelung der präformirten und der Aetherschwefelsäure nothwendig erscheint, schlägt Salkowski eine Modification des Baumann'schen Verfahrens vor. 50 oder 100 *ccm* Harn (je nach der Concentration) versetzt man mit den gleichen Volumen Barytmischung und filtrirt. Vom Filtrate werden 50 resp. 100 *ccm* abgemessen (entsprechend 25 resp. 50 *ccm* Harn), mit Salzsäure stark angesäuert und zum Sieden erhitzt. Alsdann wird eine hinreichende Menge Chlorbaryum hinzugefügt, auf dem Wasserbad das Absetzen des Niederschlages abgewartet, filtrirt, mit heissem Alkohol und Aether nachgewaschen. Der nach dem Ver-

aschen gewogene Niederschlag ergiebt die Menge der Aetherschwefelsäure als Baryumsulfat. Hat man in einem gleichen Volumen Harn nach Ansäuern mit HCl, Erhitzen und Fällen mit Chlorbaryum, ebenfalls durch Wägung die gesammte anorganische Schwefelsäure (minus der unterschwefligen Säure) bestimmt, so lässt sich die präformirte aus der Differenz zwischen Gesammtschwefelsäure und Aetherschwefelsäure berechnen.

Bei dem Erhitzen des Harns mit Salzsäure spaltet sich die im Hundeharn meist, im Katzenharn immer vorhandene unterschweflige Säure (O. Schmiedeberg fand sie unter 10 Hunden bei 4 derselben), vollständig in Schwefel und schweflige Säure. Der sich abscheidende reine Schwefel würde mit dem Baryumsulfat, welches aus den Bestimmungen des präformirten und gepaarten Schwefels resultirt, ebenfalls gewogen werden und für die Bestimmung eine Fehlerquelle abgegeben, wenn die Filtrate nicht verascht würden. Von einer gleichzeitigen Bestimmung der unterschwefligen Säure, durch Wägung des abgespaltenen S etwa, kann bei diesem Verfahren also nicht die Rede sein; es muss zu diesem Zweck eine besondere Operation vorgenommen werden, und zwar benutzt man die gebildete schweflige Säure als Anhaltungspunkt für die quantitative Analyse.

Zur Untersuchung des Harns auf unterschweflige Säure wendet Salkowski die Destillation mit Salzsäure an. 100 *ccm* Harn werden mit 10 *ccm* HCl von 1,12 specifischem Gewicht auf $^1/_3$—$^1/_4$ Vol. abdestillirt. Enthält die Flüssigkeit Subsulfide, dann verräth sich deren Anwesenheit sofort an dem gelblich weissen Beschlag von etwa Fingerbreite im oberen Theil des Kühlrohrs, der bei grösserem Gehalt des Harns auch in Pulverform in das Destillat mit übergeht. Ist die Quantität der unterschwefligen Säure minimal, so erhält man nur einen bläulich weissen Hauch im Kühlrohr. Zur genaueren Untersuchung wird das Destillat aus 100 Harn, welches die gebildete schweflige Säure enthält, in ein Messkölbchen von 100 *ccm* gebracht, nachgespült, bis zur Marke aufgefüllt, durchgeschüttelt. Nunmehr wird festgestellt, wieviel von einer $^1/_{100}$ Normallösung von Kaliumpermanganat (1 *l* davon entspricht 0,570 unterschwefliger Säure) 10 *ccm* des Destillates mit 90 *ccm* Wasser und 5 *ccm* Schwefelsäure versetzt, zur Oxydation in der Siedehitze erfordern.

Eine Hündin von 15 *kg* mit 400 *g* Fleisch, 50 *g* Speck und 400 *g* Wasser gefüttert, deren Harn nach dieser Methode untersucht wurde lieferte als Tagesquantität an je drei Untersuchungstagen 0,246, 0,191 und 0,229, im Mittel 0,222 *g* unterschweflige Säure. Da das Destillat sicherlich noch andere leicht oxydable Substanzen ausser schwefliger Säure enthält, so sind diese Zahlen als maximale anzusehen.

Wenn man das von der Bestimmung der Gesammtschwefelsäure (präformirte + Aetherschwefelsäure) restirende Destillat eindampft und mit Salpeter und Kali schmilzt, erhält man nach Auslaugen der Schmelze mit Wasser und Fällen mit Chlorbaryum eine weitere Schwefelsäurequantität, welche nur von dem nicht oxydirten in organischen Substanzen gebundenen Schwefel herstammen kann.

Aus den Untersuchungen von Voit geht hervor, dass die Menge des in nicht oxydirtem Zustand im Harn ausgeschiedenen Schwefels eine sehr verschiedene ist und dass sie wächst mit der Menge der umgesetzten N-haltigen Stoffwechselproducte; als nicht oxydirter oder

organischer Schwefel wurde im Tag abgegeben bei einem Umsatz von

1729 *g* Fleisch		1,40 *g* unoxydirter Schwefel
539 » »		0,62 » » »
455 » »	und 200 *g* Leim	0,60 » » »
83 » »		0,37 » » »
53 » »		0,31 » » »

Das Verhältniss des im Harn in unoxydirter Form ausgeschiedenen Schwefels zu dem als Schwefelsäure fortgehenden beträgt im Mittel 1 : 1,21; nur bei Brodkost wird weniger oxydirt entfernt als unoxydirt. Das Verhältniss ist 3,4 : 1, bei Leimnahrung dagegen 0,28 : 1. Nach den Untersuchungen Goldmann's vermehrt Fütterung von Cystin die Menge des nicht oxydirten Schwefels. Rhodankalium, welches von J. Munk im Hundeharn nachgewiesen wurde, bildet einen anderen weiteren Bestandtheil des organischen Schwefels. Nach gelegentlichen Beobachtungen Munk's unterliegt der Rhodangehalt je nach der Kost nicht unbeträchtlichen Schwankungen. Die grössten Mengen werden bei vorwiegender Fleischkost ausgeschieden, daher die relativ hohen Werthe im Harn von fast ausschliesslich mit Fleisch gefütterten Hunden (cf. S. 359). Will man die Gesammtsumme des im Harn enthaltenen Schwefels als Schwefelsäure berechnet in Erfahrung bringen, so wird die Veraschung des ursprünglichen Harns mit Salpeter u. s. w. vorzunehmen sein.

Interessant ist noch das Verhältniss des im zersetzten Fleisch enthaltenen S (als Schwefelsäure berechnet) zu der im Harn erscheinenden »Gesammtschwefelsäure«. Dasselbe zeigt grosse Constanz, nämlich 1 : 0,52. Es wird also nahezu die Hälfte der in den Stoffwechsel gerathenen Schwefelmenge als Schwefelsäure im Harn ausgeschieden. Bei Leimnahrung steigt die relative Schwefelsäureausfuhr im Harn auf 1 : 0,71, bei Brodkost wird dagegen nur sehr wenig Schwefel als Schwefelsäure im Harn ausgeschieden, da verhältnissmässig viel unoxydirter S sich im Urin befindet und sehr viel den Organismus im Koth verlässt, was bei anderer Nahrung nicht in gleichem Maasse zu beobachten ist.

Die absoluten im Harn ausgeschiedenen Schwefelquantitäten variiren zwischen weiten, aus folgender Zusammenstellung ersichtlichen Grenzen.

(Siehe Tabelle S. 409.)

Von der Phosphorsäure, welche in der Fleischnahrung enthalten ist, erscheinen ca. 90 pCt. im Harn (Bischoff); in einem Falle, wo 600 Fleisch und 100 Fett verabfolgt wurden, betrug die Tagesquantität 2,532 *g* P_2O_5. Bei Brodkost enthält der Harn nur ca. 50 pCt. der in der Nahrung enthaltenen.

Der Kalkgehalt (CaO) beziffert sich bei der soeben angegebenen Fleischkost auf 0,02 *g*, entsprechend 14 pCt. der in der Nahrung ent-

Nahrung	Oxydirter Schwefel (SO_3)	Organischer Schwefel (S)
Hunger	0,54	0,08
450 Stärke	0,46	0,07
340 Fette	0,88	0,04
150 Fleisch + 100 bis 350 Zucker . . .	0,74	0,00
856 Brod	0,68	0,93
200 Leim	3,76	0,37
1250 Fleisch + 250 Fette	3,12	1,06
200 Leim + 200 Fette	3,19	0,31
2096 Fleisch	5,84	2,01

haltenen Quantität, bei Brodkost auf 50 pCt. der eingeführten Kalkmenge (Tereg und Arnold).

An Eisen constatirte Hamburger 0,0031—0,0036 *g* pro die bei Fleischkost.

Die Kohlensäurespannung fand Strassburg zu 9,15 pCt. einer Atmosphäre.

Der **Katzenurin** ist eingehender bisher nicht untersucht. Er zeichnet sich durch seinen constanten Gehalt an unterschwefliger Säure gegenüber dem Hundeharn aus. Auf Zusatz von starken Säuren scheidet sich Schwefel ohne Entwickelung von Schwefelwasserstoff aus; beim Erwärmen macht sich der Geruch nach schwefliger Säure bemerklich. Nach F. Müller ist der Katzenharn eine reine Harnstofflösung, die Harnsäure soll fehlen.

Harnsecretion.

Ihrem anatomischen Bau nach kann die Niere mit einem Filtrirapparat verglichen] werden. Der erweiterten Partie eines Trichters würde die Müller'sche Kapsel an die Seite zu setzen sein; mit der Membran, durch welche die Filtration erfolgt, sind die Gefässwände der Glomerulusschlingen einschliesslich ihres Epithelbelags in Parallele zu stellen und mit dem Trichterrohr haben die Harnkanälchen gewisse Aehnlichkeit. Für Herstellung eines zur Filtration nothwendigen Druckes wird durch die der Niere eigenthümliche Beschaffenheit des Capillarnetzes gesorgt. Zunächst ist zu beachten, dass durchschnittlich die Vasa efferentia, welche aus den centralen Partien des Glomerulus entspringen, enger sind als die V. afferentia, die sich in die peripheren Glomerulusschlingen auflösen, eine Einrichtung, aus deren Vorhandensein sich manche Differenzen der Folgeerscheinungen arterieller und venöser Hyperämie erklären lassen. Nach dem Austritt aus dem Glomerulus löst sich das vas efferens ausserhalb der

Müller'schen Kapsel in das die Harnkanälchen umspinnende Capillarnetz auf. Hierdurch erweitert sich zwar die Strombahn, aber bei der gleichzeitigen Zunahme der capillaren Wandfläche wird die zu erwartende Druckverminderung durch Widerstandszunahme übercompensirt, derart, dass sich der Blutdruck stromaufwärts, also im Glomerulus, dem durchschnittlichen in den Capillaren herrschenden Druck gegenüber bedeutend erhöht. Im Anschluss hieran möge der Einfluss von Circulationsänderungen auf die hämodynamischen Verhältnisse der Niere kurz Erwähnung finden.

Eine Erhöhung des Aortendruckes wird gleichzeitig sowohl den Druck, als auch die Stromgeschwindigkeit in denjenigen Schlingen des Gefässknäuels in erster Linie steigern, welche mit dem vas afferens unmittelbar zusammenhängen, nämlich den peripheren des Glomerulus. Durch die erwähnten Circulationsänderungen wird der Glomerulus auseinandergezogen und der Strom im vas efferens freier.

Findet umgekehrt eine Druckerhöhung durch Verengung oder Verlegung der Nierenvene statt, so erweitern sich unter dem erhöhten Druck die Venenbündel der Grenzschicht und das den Harnkanälchen umspinnende Capillarnetz, wodurch eine Verengung oder partieller Verschluss der Harnkanälchen, hauptsächlich der Grenzschicht stattfindet, wie Ludwig am Hunde experimentell nachwies. Bemerkenswerther Weise erfolgt nach Venenunterbindung sofortiges Versiegen der Harnsecretion. Diese Thatsache erfordert unsere volle Aufmerksamkeit. Die mechanische Compression der abführenden Wege ist sicherlich nicht so vollständig, um die Berechtigung abzuleiten, dieses Moment zur Erklärung der plötzlichen Sistirung der Secretion heranzuziehen, selbst unter Berücksichtigung des ebenfalls von Ludwig ermittelten Factum, dass durch gleichzeitige Drucksteigerung in dem centralen Gefässgebiete der Glomeruli die peripheren Schlingen an die Wand der Müller'schen Kapsel gedrängt und der Blutzufluss vom Vas afferens her verringert wird.

Anscheinend stehen Blutdruck und Harnsecretion in causalen Beziehungen zu einander. In allen den Fällen nämlich, wo es sich um eine länger andauernde Drucksteigerung im arteriellen Stromgebiet handelt, durch Vermehrung der Schlagzahl des Herzens oder durch Verschluss einer grösseren Zahl umfangreicher Arterien oder Verödung von Gefässgebieten innerhalb der Niere als Folge interstitieller Bindegewebswucherung, durch Aufhebung des Gefässtonus der Nierenarterien nach Splanchnicusdurchschneidung (beim Hund) oder isolirter Trennung der Gefässnerven der Niere, in allen diesen Fällen lässt sich eine Vermehrung der Harnsecretion beobachten. Umgekehrt lehrt die Erfahrung, dass solche Einflüsse, welche eine Verminderung auf ein Drittel bis ein Viertel des ursprünglichen im arteriellen Gefässsystem herrschenden Druckes und dementsprechende Stromverlangsamung herbeiführen eine gleichzeitige Abnahme der Harnmenge zur Folge haben. Ein derartiger Effect kommt zu Stande durch Verlangsamung der Schlagfolge des Herzens

nach Vagusreizung, Aenderung des Aortendruckes durch Blutentziehung, Verengung der Nierenarterie in Folge mechanischer Eingriffe oder Reizung des Splanchnicus (major). Nach Halsmarkdurchschneidung lässt sich ebenfalls eine Verminderung des Aortendruckes und ein Aufhören der Harnabsonderung constatiren, bei Reizung des Rückenmarks zwar eine Steigerung des Aortendrucks, aber keine Vermehrung der Harnabsonderung, welche erst nach Durchtrennung der Nierennerven sich bemerklich macht, ein Beweis, dass das Ausbleiben einer Vermehrung der Harnsecretion nach Rückenmarksreizung auf eine vasomotorische Verengung der Arteria renalis zu beziehen ist.

Auf Grund dieser Thatsachen formulirte Ludwig eine den Secretionsprocess erläuternde Hypothese, nach welcher die Harnabsonderung auf einer in den Glomerulis vor sich gehenden, ausschliesslich physikalischen, durch den Blutdruck vermittelten Filtration beruhe. Den grösseren Gehalt des Harns an festen Stoffen erklärt Ludwig durch eine in den Harnkanälchen eintretende Resorption von Wasser.

Mit dieser Erklärung lässt sich das von Heidenhain hervorgehobene Factum nicht in Einklang bringen, dass bei einer durch Verengung oder Abschluss der Nierenvenen unzweifelhaft vorhandenen Steigerung des Blutdruckes in den arteriellen Nierengefässen keine Vermehrung des abfliessenden Harnquantums, sondern eine sofortige Abnahme eventuell ein vollständiges Versiegen des Harnstromes stattfindet.

Bei pathologischen Stauungen (durch Herzfehler etc.) kann natürlich auch gleichzeitig ein Absinken des Aortendruckes eintreten. — Beiläufig erwähnt sei ein von Juhel-Rénoy beobachter pathologischer Fall, welcher ein interessantes Streiflicht auf die causalen Verhältnisse der bei Infectionskrankheiten zuweilen eintretende Anurie wirft. Genannter Autor fand bei der Obduction eines nach 7 tägiger Anurie gestorbenen Scharlachpatienten Embolieen der gesammten Glomeruli, veranlasst durch Mikroorganismen.

In neuerer Zeit stellte Paneth im Heidenhain'schen Laboratorium eine Reihe von Versuchen an, bei denen die Zunahme des venösen Druckes in der Niere ohne directe Schädigung des Organs selbst durch abgestufte Belastung einer Ligaturschlinge der Vena cava inferior hinter der Einmündungsstelle der Nierenvenen vorgenommen wurde, unter gleichzeitiger fortlaufender Beobachtung des arteriellen Blutdruckes. Die aus der Belastungsgrösse ermittelte Erhöhung des Venendruckes, die zur Secretionsverminderung genügte, war sehr gering (1,5—4—6,5 *mm* Hg). Dass an der stets eintretenden Secretionsverminderung nicht etwa ein durch die venöse Stauung herbeigeführtes, auf vasomotorische Einwirkungen zu beziehendes Sinken des arteriellen Druckes Schuld ist, ging aus der Abnahme der Secretion auch bei arterieller Drucksteigerung hervor. Ferner versiegte bei stärkerer Belastung die Harnabsonderung fast völlig, während der Arteriendruck zwar niedriger als zuvor, aber noch nicht so weit gesunken war, dass deshalb die Nierenthätigkeit hätte aufhören müssen. Ludwig führt diese ihm bereits bekannte Erscheinung auf eine mechanische Compression der

Harnkanälchen durch die ausgedehnten Venen zurück. Hiergegen konnte ein schlagender Einwand geltend gemacht werden, der zugleich einen Beweis liefert von dem Vorhandensein noch anderer für die Harnsecretion bedeutsamer, von hämodynamischen Verhältnissen unabhängiger Factoren. Es gelang nämlich bei bestehender venöser Drucksteigerung und der in Folge davon eintretenden Herabsetzung der Secretion durch Einführung eines Diureticums (Salpeter) in die Blutbahn die Harnabsonderung erheblich zu vermehren. Gleichzeitige Erhöhung des arteriellen Druckes ward dadurch vermieden, dass mit dem als Diureticum benutzten Salpeter zugleich Chloralhydrat injicirt wurde. Da hier die vorausgesetzte Venenausdehnung und damit das angenommene Hinderniss für den Harnabfluss fortbestehen würde, konnte ein solches nicht die Ursache der anfänglichen Verringerung der Absonderung sein, denn es hätte sich alsdann auch jetzt geltend machen müssen. Eine Erklärung für die studirten Erscheinungen findet Paneth in der Heidenhain'schen Absonderungshypothese.

Heidenhain scheidet zunächst zwischen Wasserabsonderung und Abscheidung der übrigen Harnbestandtheile. Die Wasserabsonderung betrachtet derselbe als eine auf activer Thätigkeit der Epithelcellen der Knäuelgefässe beruhende Leistung, deren Mass durch die Menge des in der Zeiteinheit dieselben durchtränkenden Blutes bestimmt wird. Für eine solche active Thätigkeit der Glomeruluscellen wird nicht nur die Analogie mit dem Verhalten anderer Drüsen, von denen keine nach einfachen Filtrationsgesetzen arbeitet, herangezogen, sondern vor allem auch gewisse Thatsachen, welche auf eine Epithelthätigkeit bei der Harnsecretion direct hinweisen; so unter anderem der Umstand, dass nach einer über den Bedarf vermehrten Zuführung von Wasser, wobei der Blutdruck unter gewöhnlichen Umständen sich unverändert erhält, die Harnmenge beträchtlich zunimmt. — Ein weiterer, bisher zur Begründung des gleichsam electiven Vermögens des Knäuelepithels bezüglich der Wasserausscheidung geltend gemachter Satz von dem Fehlen des Eiweiss im Harn, gegenüber dem constanten Vorkommen desselben in den auf rein physikalischem Wege erlangten Filtraten eiweisshaltiger Flüssigkeiten, hat nach den Ermittelungen Posners etwas von seiner vollen Gültigkeit eingebüsst. In Wirklichkeit findet sich in jedem Harn Eiweiss vor, allerdings in einer Verdünnung, welche den Nachweis desselben mit den gewöhnlichen Mitteln nicht gestattet.

Posner versetzt zur Constatirung des in normalem Harn enthaltenen Eiweiss zur Hälfte das Harnquantum mit concentrirter Essigsäure, lässt das Gemisch 24 Stunden stehen und filtrirt darauf die etwa (im Pferdeharn fast stets) vorhandene Mucinfällung ab, worauf bis auf $^1/_{20}$ des Volumens eingedampft wird. Sehr uratreiche Urine müssen nochmals kalt filtrirt werden; im Filtrat gelingt es nunmehr mit einem beliebigen der bekannten Eiweissreagentien, unter Berücksichtigung des vorherigen Essigsäurezusatzes, das Vorhandensein von Eiweiss zu constatiren. Dass Eiweiss die Glomerulusepithelien zu passiren vermag, wurde durch Adami erwiesen, welcher bei einem anscheinend ganz gesunden Hunde in einer kleinen Anzahl von Knäuelkapseln (in 17 von 600 ge-

zählten), Eiweissschollen (durch Kochen coagulirt) aufzufinden vermochte, ebenso liessen sich in den Müller'schen Kapseln von Hunden, denen lackfarbenes Blut eingespritzt worden war, reichlich Haemoglobinschollen nachweisen. Zum mindesten geht hieraus hervor, dass die Heidenhain'sche, bezüglich der Knäuelepithelien gemachte Annahme des Vermögens Eiweiss zurückzuhalten, nicht mehr vollkommen zutrifft. Zur Bestätigung dieser Meinung kann auch das von Affanasiew eruirte Thatsache verwerthet werden, dass entgegen den Anschauungen Ponficks bei Hämoglobinurie nicht die Cellen der Tubuli das Hämoglobin ausscheiden.

Immerhin wird man das Vermögen des Knäuelepithels, den Durchtritt des Eiweiss bis zu einem bestimmten Grade zu verhindern, nicht in Abrede stellen können Geregelte Sauerstoffzufuhr scheint eine Hauptbedingung für diese Eigenschaft zu sein, da wir bei venösen Stauungen etc. fast stets grössere auf gewöhnlichem Wege feststellbare Eiweismengen im Harn begegnen. Dass eventuell von den Harnkanälchen aus, bei schweren Ernährungsstörungen der zugehörigen Epithelien Eiweiss in den Harn übertreten kann, braucht wohl nicht besonders hervorgehoben zu werden. Nicht selten geben auch weniger hochgradige Schädigungen zum Eiweissdurchtritt Veranlassung. H. Lorenz constatirte bei Mastochsen und Mastschweinen Schwellung des Epithels und theilweises Fehlen des Stäbchensaumes (Tornier's Bürstenbesatz), ein Zustand der von L. als charakteristisch für Albuminurie angesehen wird. Thatsächlich fanden sich auch bei drei gesunden Mastschweinen grössere Eiweissmengen im Harn.

Neben den Glomerulusepithelien kommen jedenfalls noch, wenngleich in untergeordnetem Masse bei der Harnwasserabscheidung die Epithelcellen der Harnkanälchen in Betracht. M. Nussbaum benutzte zu seinen Versuchen Amphibien, deren Knäuelgefässe von den Nierenarterien und anastomosirenden Aesten der Arterien für die Geschlechtsdrüsen versorgt werden, während die Capillaren der Harnkanälchen von der Vena renalis advehens (Nierenpfortader) theilweise ihr Blut beziehen. Er stellte fest, dass nach Unterbindung der arteriellen Gefässe die Harnsecretion stockt, nach gleichzeitiger Injection einer 10procentigen Harnstofflösung aber rasch wieder in Gang kommt. Der Harnstoff wirkt also hierbei diuretisch und darf dies auch für die harnsauren Salze, Coffein, Pilocarpin etc. und gewisse anorganische (»harntreibende«) Salze angenommen werden, d. h. die Fähigkeit der Epithelien der Harnkanälchen sich an der Wasserabscheidung unter Umständen zu betheiligen, wird durch jene »harnfähigen« Substanzen angeregt.

Abscheidung der festen Harnbestandtheile. Diese unter Einwirkung der eben angedeuteten gelegentlichen Umstände eintretende Betheiligung an der Wassersecretion bildet aber nicht den Hauptzweck der Thätigkeit der Epithelien der Harnkanälchen. Bereits 1842 war Bowmann, durch seine histologischen Beobachtungen geleitet, zu der Ansicht gelangt, dass die Tubenepithelien »bei der Absonderung und Lösung der Harnproducte eine Rolle spielen«. Heidenhain be-

gründete diese Vermuthung durch das Experiment. Eine vom genannten Forscher durchgeführte längere Untersuchungsreihe hat ergeben, dass nach Injection von reinem indigschwefelsauren Natron in die Jugularvene, dieser Farbstoff bei noch so massenhaftem Uebertritt in den Harn, niemals auch nur spurweise in den Müller'schen Kapseln, sondern ganz ausschliesslich und allein in den Harnkanälchen auftritt. Dass die Ausscheidung der Indigoverbindung nur durch die Cellen der Tubuli contorti und theilweise der Henle'schen Schleifen geschieht, lässt sich am unzweideutigsten erweisen, wenn man die Wasserabsonderung der Knäuel durch Trennung des Halsmarkes unterdrückt. Wird einem Kaninchen einige Zeit nach Markdurchschneidung, sobald der Blutdruck hinreichend gesunken ist, eine geringe Menge des Salzes (5 *ccm* einer kaltgesättigten Lösung) injicirt, so sind bereits nach wenigen Minuten die Epithelien der gewundenen Kanälchen gebläut, sie müssen demnach aus der umspülenden Lymphe, deren Farbstoffgehalt so gering ist, dass sie farblos erscheint, das Pigment aufgesammelt haben. Nach einer Stunde hat sich das Epithel wieder entbläut. Das blaue Salz liegt in fester Form, in Körnchen oder Krystallen, im Lumen der Harnkanälchen und zwar nur in den gewundenen Kanälchen der Rinde und den breiten Schleifenschenkeln; die Epithelien secerniren also das aufgenommene Salz in den Tubulus hinein. Ein ähnliches Resultat erzielte Heidenhain bei Einspritzungen von harnsauren Salzen, indem auch diese nicht in den Kapseln, sondern in den Harnkanälchen zu constatiren sind. Was für die Indigoverbindung und die harnsauren Salzen erwiesen ist und auch bei Abscheidung von Gallenfarbstoff (Möbius) beobachtet wurde, gilt höchst wahrscheinlich ebenso für die übrigen festen Bestandtheile; so kann nur unter Annahme einer activen Betheiligung der Cellen der Tubuli contorti etc. die nach Halsmarkdurchschneidung eintretende Secretion, in Folge Harnstoffinjection ihre Erklärung finden. Als weiteres gewichtiges Beweismoment für die active Cellthätigkeit der Nierenepithelien, darf die in der Niere erfolgende Synthese der Hippursäure herangezogen werden. Die Bildungsstätte und der Abscheidungsort wird auch in diesem Falle schwerlich in die Knäuel verlegt werden dürfen, sondern in den Kanälchen zu suchen sein. Chrzonseczwky und v. Wittich, welche mit carminsaurem Ammoniak operirten, glaubten die Glomeruli als Secretionsort annehmen zu dürfen. A. Schmidt wiederholte diese Versuche, kam aber dabei zu Resultaten im Sinne der Auffassung Heidenhains.

Es erscheint somit die Annahme einer secretorischen Thätigkeit der Tubenepithelien wohl begründet und wird dieselbe auch allgemein als zutreffend anerkannt. In Betreff der Hypothese von der physiologischen Function der Knäuelepithelien wird von verschiedenen Seiten ein nicht unmotivirter Widerspruch erhoben. So sieht sich Leube u. A. zu dem Ausspruch veranlasst: »Zu einer so strengen Fassung, d. h., dass die Wasserabscheidung lediglich auf einer activen Thätigkeit der Zellen der Knäuelgefässe beruhe, sehe ich übrigens auch im Allgemeinen

keinen Zwang, im Gegentheil, scheint mir nichts Wesentliches entgegenzustehen, neben jener zweifellosen activen Betheiligung der Cellen an dem Process der Wasserabscheidung, zugleich in dem Blutdruck, ein diese Function der Zellen mechanisch unterstützendes Moment anzuerkennen«. Senator vertritt in Bezug auf die Function der Knäuelepithelien ebenfalls die Filtrationstheorie im Sinne Ludwigs. J. Munk ermittelte auf experimentellem Wege einige Facta, welche diese Anschauung zu befestigen geeignet sind. In den von J. Munk mit lackfarbigem Blut angestellten Durchströmungsversuchen an überlebenden Nieren enthielt die vom Ureter aus gewonnene Flüssigkeit für den Harn characteristische Stoffe in grösserer Concentration als im Blut; ebenso waren zugesetzte Salze, NaCl z. B. um 18—67 pCt., Na_2SO_4 und Na_2HPO_4 um 36—37 pCt. resp. 45—74 pCt. reichlicher vorhanden als in der Durchströmungsflüssigkeit. An sich sprechen diese Versuchsresultate zu Gunsten einer Ausscheidung in Folge ausschliesslicher activer Betheiligung der secernirenden Elemente, weitere im Verein mit Senator ausgeführte Untersuchungen sind indess nicht geeignet, diese Meinung im vollen Umfange zu bestätigen. Die Versuche lehrten in Uebereinstimmung mit Paneth, dass bereits eine mässige venöse Stauung den Harnausfluss verringert. Es nimmt aber, wie die Analyse des auf künstlichem Wege erhaltenen Harns ergab, nicht allein die Harnmenge ab, songern auch der Procentgehalt des Harnstoffs, während der Procentgehalt an Eiweiss ansteigt, der Chlornatriumgehalt dagegen procentisch unverändert derselbe bleibt wie vor herbeigeführter venöser Stauung. Man reicht zur Erklärung dieser Versuchsergebnisse mit der Annahme einer lediglich specifischen Secretion nicht aus. Wenngleich zuzugeben ist, dass die procentisch verringerte Harnstoffabgabe auf Rechnung eines die specifische Drüsenfunction schädigenden Einflusses der Blutstauung gesetzt werden muss, lässt sich das Verhalten der NaCl-Ausscheidung nicht in diesem Sinne erläutern, da andernfalls eine gleichzeitige den Procentgehalt betreffende Verminderung eingetreten wäre. Wenn aber schon die Abscheidung dieses Salzes nicht aus einer specifischen Secretion herzuleiten ist, so kann die Wasserabscheidung vollends nicht im Sinne ausschliesslicher specifischer Drüsensecretion gedeutet werden. Vermuthlich kommen Transsudations- und auch Resorptionsvorgänge bei der normalen Harnsecretion in gewissem Grade mit in Betracht. Auf eine Mitbetheiligung der letzteren deuten Ribbert's Versuche hin. Derselbe erhielt nach Entfernung der Nierenmarksubstanz beim Kaninchen doppelt bis dreifach reichlicheren aber dünneren Harn als unter normalen Verhältnissen, so dass an eine durch Resorption von den Lymphwegen der Marksubstanz aus stattfindende Concentration des Harns wohl gedacht werden kann. Muss demnach die Heidenhain'sche Theorie zu Gunsten der Ludwig'schen Hypothese eine gewisse Einschränkung erfahren, so hat ihr J. Munk anderseits eine gewisse Erweiterung gegeben, zu welcher die erwähnten Durchströmungs-

versuche an überlebenden Nieren ebenfalls die nöthige Unterlage gewährten. Selbst bei genügender Stromschnelle des Blutes bedarf es nämlich noch der Anwesenheit einer gewissen Menge an solchen Substanzen, welche durch den normalen Harn zur Ausscheidung gelangen, der sogenannten harnfähigen Stoffe (Harnstoff, Salze etc.), demnach dürfte folgende Auffassung des Secretionsvorganges mit den bisherigen Forschungsergebnissen am besten im Einklang stehen: Die Secretion der specifischen Harnbestandtheile vermitteln nur die Epithelien der tubuli contorti; dieselben betheiligen sich aber auch bei genügender Menge harnfähiger Substanzen im Blut an der Secretion der Harnflüssigkeit, welche jedoch hauptsächlich, ebenso wie die grössere Quantität der anorganischen Bestandtheile von den Epithelien der Glomeruli, theils durch active Thätigkeit derselben, theils unter Einwirkung mechanischer Verhältnisse (Filtrationsdruck, Concentrationsgrad) aus dem Blut abgeschieden wird. Zur Ausübung ihrer Thätigkeit sind die secernirenden Zellen nur befähigt bei Anwesenheit genügender Mengen von Sauerstoff und harnfähigen Substanzen und es nimmt ihre secretorische Energie sowohl mit der Beschleunigung der Stromgeschwindigkeit des Blutes zu, als auch mit wachsenden Quantitäten harnfähiger Substanzen im Blut.

Die Abhängigkeit der Harnsecretion vom Einfluss des Nervensystems ist bisher nur in Bezug auf die evidente Einwirkung der Vasomotoren festgestellt. Letztere treten in den Bahnen der Splanchnici an die Nieren heran. Directe Reizung des Splanchnicus major oder indirecte vom Rückenmark aus verengt die Nierenarterie; der Effect der Verengung äussert sich in Herabsetzung des ausgeschiedenen Harnquantums. Durchschneidung des Splanchnicus hat Polyurie zur Folge, krankhafte Affection der grauen Substanz in der Medulla oder Verletzung des Bodens des 4. Hirnventrikels in der Mittellinie etwas oberhalb der Spitze des Calamus scriptorius (Piqûre Cl. Bernard's) gewöhnlich Glykosurie. Um eine Lähmung der Splanchnicusfasern kann es sich hierbei nicht handeln, denn eine durch Splanchnicusdurchschneidung erzeugte Polyurie wird nach Eckhard's Untersuchungen durch die Piqûre noch gesteigert.

Um den Ursprung, den Verlauf und die Natur der vasomotorischen Nierennerven genauer zu bestimmen, untersuchte J. R. Bradford die Schwankungen des allgemeinen Blutdruckes und des Nierenvolumens (mittelst Roy's Oncometer) nach faradischer Reizung verschiedener Nervengebiete beim Hund. Gewöhnlich enthalten die vorderen Wurzeln des 12. und 13. Dorsalnervenpaares specielle Vasomotoren für die Niere, weil ihre Reizung Abnahme des Nierenvolumens bewirkt, während der Blutdruck sich kaum verändert. Reizung sensibler Nerven bedingt im Allgemeinen Nierencontraction unter Zunahme des Blutdrucks; nur wenn die centripetalen Fasern, welche dem Nierengebiet zugehören, erregt werden, tritt in der Regel eine Ausdehnung der Nieren auf. Der Nachweis specifischer Secretionsnerven ist bisher noch nicht geglückt.

Harnentleerung.

Bildung und Ausscheidung des Harns nach aussen halten nicht gleichen Schritt. Die Secretion vollzieht sich stetig, die Entleerung erfolge periodenweise. Erklärlich wird diese Art und Weise der Harnausscheidung wenn wir berücksichtigen, dass in das röhrenförmige, den Harn ableitende Kanalsystem, die Ureteren und die Urethra, ein verschliessbares Sammelbassin, die Harnblase, eingeschaltet ist. — In den trichterförmigen Anfangstheil der Ureteren, das Nierenbecken, gelangt der Harn durch den Druck des nachrückenden Secretes, nachdem er von dem secernirenden Theil der Harnkanälchen (Glomerulus, Tubulus contortus, T. laqueiformis, T. contortus II. ordin.) herkommend die leitende Abtheilung (Verbindungskanälchen, Sammelkanäle) passirt hat. Der im pelvis renalis beim Pferde reichlich vorhandene Schleim mischt sich während der Aufenthaltszeit des Harns an der genannten Stelle diesem bei. Von hier aus findet eine Fortbeförderung des Urins nach der Blase statt, durch peristaltische Bewegungen der Ureterenwand, welche bei Kaninchen eine mittlere Geschwindigkeit von nur 20—30 *mm* per Secunde erreichen (Engelmann). Die Zahl der in der Zeiteinheit erfolgenden Contractionswellen richtet sich wie die Beobachtungen Mulder's lehren nach der Menge des in das Nierenbecken eintretenden Secretes; nach reichlichem Genuss von Flüssigkeiten folgen die Uretercontractionen rascher aufeinander als bei spärlicherer Harnsecretion unter gewöhnlichen Verhältnissen, im Durchschnitt bei Hunden, Katzen und Kaninchen 6—12mal in der Minute. In der Zwischenzeit zweier peristaltischer Bewegungen füllt sich der oberste Theil des Ureters allmählich mit Harn, der bei Kaninchen auf seinem Wege nach der Blase in 2—5 *mm* langen Flüssigkeitssäulchen verfolgt werden kann, wenn der Urin nach Injection von indigschwefelsaures Natron gefärbt abgesondert wird. Da vollständig isolirte Ureterenstückchen auch ohne Einwirkung eines äusseren Reizes noch typische Peristaltik zeigen, ähnlich wie ein isolirtes Froschherz sich noch weiter contrahirt, so erscheint die Annahme nicht ungerechtfertigt, dass wir es beim Ureter ebenfalls mit automatisch von den Ganglienzellen her ausgelösten Bewegungen zu thun haben, welche durch noch nicht näher bekannte Einflüsse der an die Ureteren herantretenden Nerven geregelt werden. Directe mechanische Reizung der Muskulatur kann natürlich gleichfalls Contractionen herbeiführen.

Ist der Harn in die Blase gelangt, so sammelt sich derselbe bis zu einem gewissen Grade an. Ein Zurückstauen nach dem Ureter unter dem wachsenden Flüssigkeitsdruck kann deshalb nicht stattfinden, weil bei der schrägen Durchbohrung der oberen Blasenwand durch die Ureterenmündungen der in der Blase gelegene Abschnitt eines jeden Ureters mechanisch comprimirt wird.

Als Ursache für den Abschluss der Harnblase nach der Urethra hin sind in erster Linie die am Blasenhals vorhandenen circu-

lären Muskelfasern zu betrachten, welche in ihrer Gesammtheit den Sphincter vesicae (internus soweit es sich um glatte Musculatur handelt) darstellen. Dass es sich thatsächlich bei Anwesenheit von Flüssigkeit in der Blase um eine während des Lebens vorhandene tonische Contraction des Sphincters handeln muss, abgesehen von der elastischen Wirkung der Musculatur, ergiebt sich aus der Beobachtung, dass durchgängig die lebende Blase einem höheren Druck Widerstand zu leisten vermag als die todte. Heidenhain und Colberg fanden die während des Lebens zur Eröffnung der Harnblase eines Kaninchens erforderlichen Druckhöhen schwankend zwischen 210 und 335 *mm* Wasser, nach dem Tode zwischen 25—75 *mm*. S. Mayer führt den postmortalen Sphincter-Widerstand auf die im Tode persistirende Contraction zurück, welche unmittelbar in den Zustand der Todtenstarre übergeht. Fr. Born ermittelte durch Gypsinjectionen, als zweiten Factor für den postmortalen Widerstand, den Abschluss der Pars membranacea durch die Starre der umliegenden quergestreiften Musculatur (Sphincter vesicae externus, Constrictor urethrae (Budge) resp. Wilson'scher Muskel). Die gründlichsten Studien über den intra vitam vorhandenen Tonus des Blasenschliessmuskels, wie überhaupt über den Tonus der Blasenmusculatur verdanken wir Mosso und Pellancani. Sie wiesen namentlich nach, dass Sphincter und Detrusor (die Gesammtheit der schrägen und Längs-Muskelfasern der Blase) keine Antagonisten im gewöhnlichen Sinne darstellen, wie dies früher vielfach betont wurde, dass nicht der eine während der Contraction des andern sofort erschlaffe und vice versa, sondern dass die Contraction des Sphincter vielmehr zugleich mit der beginnenden des Detrusor sich zunächst steigere. Den Beweis hierfür erbrachten sie auf doppelte Art: Einmal führten sie in die Urethra eines Hundes eine Canüle ein bis zum Collum vesicae und bestimmten den Druck, bei welchem Wasser durch diese Canüle dem Sphincter überwand und in die Blase drang. Reizten sie nun die Blase, entweder direct electrisch nach Eröffnung der Bauchdecken oder reflectorisch vor Eröffnung der Bauchhöhlen, so leistete der Sphincter einen grösseren Widerstand, nach dessen Ueberwindung das Wasser im Manometer sank. Ausserdem benutzten dieselben auch die von Heidenhain u. A. verwendeten Methode, nach welcher das Manometer in den einen Ureter eingesetzt und durch den anderen das Wasser von aussen zugeführt wird. Druckbestimmungen vor und nach der Detrusorreizung ergaben mit den ersten Methoden übereinstimmende Werthe, nämlich beginnende Incontinenz ohne vorherige Reizung bei 35 *cm*. Blasendruck, nach electrischer resp. mechanischer Reizung oder Anwendung von Kälte bei 44—50 *cm* Manometerhöhe. Bei zunehmendem Drang wird, wie aus dem subjectiven Innervationsgefühl beim Menschen gefolgert werden kann, die ganze Urethral- und Perinealmusculatur in Contractionszustand versetzt. Auch der Sphincter und Levator ani nehmen daran Theil. Diese letztgenannten Muskeln haben die Aufgabe, bei einer ebenfalls willkürlich herstellbaren Unterbrechung des Uri-

nirens provisorisch durch ihre Contraction den Weg zu verlegen bis der glatte Sphincter von Neuem seine Functionen übernommen hat. Bei Hunden scheint auch ein reflectorischer Tonus der willkürlichen Verschlussmusculatur zu existiren, da z. B. nach Brustmarkdurchschneidung (zur Ausschaltung der Willensimpulse) Berührung der Harnröhrenschleimhaut Contractionen auslöst; es ist sogar nicht unwahrscheinlich, dass der Hund auf jedem Reiz hin, den die Schleimhaut erfährt, die Harnröhre reflectorisch verengt, da man auch während der normalen Urinentleerung rhythmische Contractionen jener Muskeln constatiren kann, welche bei den übrigen Hausthieren nur am Ende der Miction zur Entleerung der letzten Tropfen, vermuthlich analog wie beim Menschen willkürlich in Function treten.

Veranlassung zur Entfernung des in der Blase angesammelten Urins kann geben jenes Allgemeingefühl, welches als Harndrang bezeichnet wird oder der Wille. Guyon unterscheidet zwischen einer Sensibilität durch Contact, z. B. vom gefüllten Mastdarm her, und einer solchen durch Distension. Die erstere ist sehr stumpf und erweckt gewöhnlich kein eigentliches Dranggefühl, nur bei Reizzuständen der Blasenschleimhaut etc. wird sie lebhaft.

Die überwiegend häufigste Ursache des Harndrangs ist die Distension. Es ist indess nicht die passive Dehnung der Blase durch ein gewisses Quantum Urin, welche hier in Betracht kommt, sondern vielmehr der in Folge veränderlichen Contractionszustands auf den incompressiblen Inhalt entstehende Druck. Bei gegebenem Blaseninhalt kann die Wandung der Blase vermöge des beinahe continuirlichen Tonus der Blasenmusculatur stärker oder schwächer auf den Inhalt drücken. Jene aus der Contractionsstärke über einen incompressiblen Inhalt resultirende Müdigkeit ist es, welche den Harndrang bedingt. In den von Mosso angestellten Versuchen stellte sich zu reflectorischer Urinentleerung führender Harndrang beim Hund ein, wenn der vom Katheder aus gemessene intravesicale Druck eine Höhe von 20 *cm* Wasser erreicht hatte. Allein das eine Mal konnte dasselbe Thier nach vorangegangener Blasenentleerung 124 *ccm* halten, bevor es Drang empfand, während es später 190 beherbergte. Ist Blasenlähmung vorhanden, so fehlt meist auch das Gefühl des Harndranges, dasselbe kann aber auch fortbestehen, da die Muskelsensibilität nicht an die Integrität der Contractionsfähigkeit gebunden ist; in solchen Fällen wird allerdings eine durch excessive passive Dehnung verursachte Sensibilität anzunehmen sein (Fr. Born). Aus Selbstbeobachtungen verschiedener Autoren (Budge, Landois, Born) geht ferner hervor, dass die Blase willkürlich contrahirt werden kann. Vielfach wird eine derartige Contraction eingeleitet und unterstützt durch die Bauchpresse, dieselbe braucht aber nicht immer mitzuwirken. Aus dem Verhalten der Hunde, welche sozusagen an jeder Strassenecke uriniren, geht hervor, dass auch bei Thieren ohne bestehenden Harndrang willkürliche Urinentleerung erfolgen kann. Ausser durch Reflex und Willenseinfluss entstehen Blasencontractionen auch scheinbar

spontan. Sokowin zeigte, dass Erstickung, Verblutung, Aortencompression selbst dann noch Blasencontractionen hervorrufen, wenn alle Blasennerven durchschnitten sind; dasselbe fand Mosso bei asphyctischen Hunden nach vorangegangener Zerstörung des Rückenmarks. Asphyctisches Blut wirkt demnach auch als Reiz auf die innerhalb der Blasenwandung gelegenen automatischen Centren.

Wie erfolgt nun aber die Aufhebung des Sphincterentonus bei eintretender Entleerung? Zunächst muss zur Beantwortung dieser Frage ein mechanisches Moment berücksichtigt werden. Kohlrausch ermittelte bereits 1854, dass die Fasern des Detrusors sich zum grossen Theil an denen des Sphincters inseriren. In Folge dieser Anordnung kann die bei ausgedehnter Blase gespannte und fast rechtwinklig an den Sphincterenfasern angreifende Detrusormusculatur zur Eröffnung der Blase beitragen, vorausgesetzt, dass die zu gleicher Zeit stattfindende Sphincterencontraction etwas schwächer ist als die des viel stärkeren Detrusors. Diese Einrichtung kann aber nicht, wie Fr. Born es annimmt, die alleinige Ursache der ausgiebigen, bei Urinentleerung eintretenden Sphincterenöffnung abgaben. Wenn ein anderweitiger Einfluss fehlte, dann müsste es doch auch in dem einen oder anderen Falle gelungen sein durch directe Reizung des Detrusor Harnentleerung herbeizuführen, es wurde aber stets nur eine Verstärkung des Sphincterentonus constatirt. Ausserdem steht fest, dass der Sphincter im Beginn der Harnentleerung sich weit öffnet und während des Ausfliessens weit geöffnet bleibt, so dass der Harn oft zum Theil neben dem eingeführten Katheder ausströmt. Man ist deshalb gezwungen, an eine nach S. Mayer auch willkürlich herbeizuführende Aufhebung oder Hemmung des Sphincterentonus zu denken, ein Vorgang mit welchem die hemmende Wirkung des Vagus auf das Herz und den Pylorustonus beim Hund (Rossbach) eine gewisse Analogie zeigt, abgesehen von weniger evidenten Erscheinungen z. B., der Hemmung der Dünndarm-Peristaltik nach Splanchnicusreizung (Pflüger) und Nachlass des Tonus des Sphincter ani nach Reizung der Rectalschleimhaut (Gowers). Ott glaubt im Calamus oder 2 *cm* darunter das Hemmungscentrum für den Sphincter vesicae gefunden zu haben. Wirkung desselben braucht nicht als eine directe aufgefasst zu werden, da die Annahme einer Verminderung der Erregung des Sphinterencentrums, etwa wie die Herabsetzung der Erregung des vasomotorischen Centrums durch den N. depressor, ausreichend erscheint.

Fehlt die Fähigkeit den Tonus des Sphincters aufzuheben, aus irgend welchen Ursachen (als Begleiterscheinung krankhafter Processe im Beckenstück der Urethra vorzugsweise beobachtet) dann pflegt man von spastischer Harnverhaltung zu sprechen.

Bei der Blasenentleerung contrahirt sich die Blase ähnlich wie ein Darm, weshalb diese Contraction von Fr. Born gradezu als Blasenperistaltik bezeichnet wird. Im Beginn der Blasencontraction rückt die Prostata nach dem Fundus vor, worauf eine vom Vertex herkommende Welle die dorsale Wand vorwölbt und die Prostata in derselben Richtung

etwas verschiebt. In diesem Augenblick wo die Welle am Collum vesicae angekommen ist, öffnet sich der Sphincter und der Urin beginnt durch die Urethra abzufliessen.

Selbstverständlich kann der Abfluss nur dann ungestört von Statten gehen, wenn die harnabführenden Wege nicht auf irgend eine Weise schwer oder gänzlich unpassirbar geworden sind. Häufig finden wir, abgesehen von experimentellen Eingriffen, einen mechanischen Verschluss hergestellt durch Steine oder Geschwülste, besonders an den Ureteren, so dass der Harn eventuell überhaupt nicht in die Blase gelangt. Gleichviel ob der Ausfluss auf diese oder jene Art gehemmt wird, in jedem Falle sehen wir bei hochgradiger Verengung schwere Störungen des Gesundheitszustandes eintreten, welche bei totalem Verschluss (nach Unterbindung der Ureteren z. B.) im Verlauf von wenigen Tagen unausbleiblich den Tod herbeiführen. Als Ursache dieses Krankheitszustandes, welcher als Urämie bezeichnet wird, muss eine Ansammlung der Harnbestandtheile im Blut angenommen werden, von denen hauptsächlich der Harnstoff am meisten schädigend wird. Um sich von der Wahrheit einer derartigen Annahme zu überzeugen, hat man durch Einverleibung von Harnstoff Urämie künstlich zu erzeugen versucht. In den meisten Fällen gelingt es jedoch nicht Intoxicationserscheinungen hiernach zu beobachten und zwar deshalb, weil durch verstärkte Nierenthätigkeit selbst sehr grosse Harnstoffmengen innerhalb kurzer Zeit aus dem Organismus herausgeschafft werden können. Voit brachte diese Frage jedoch zur Entscheidung und zwar dadurch, dass er den Versuchsthieren die Gelegenheit entzog Wasser aufzunehmen. Ein kleiner Hund welchem 18 *g* Harnstoff mit der Nahrung beigebracht wurde, schied denselben ohne Beeinträchtigung seines Allgemeinbefindens unter starker Diurese ohne weiteres aus, zeigte dagegen sehr bald urämische Symptome als man ihm nach der Harnstofffütterung die Zufuhr von Wasser abschnitt.

Ausser durch Harnretention tritt auch nach Nierenexstirpation oder nach solchen krankhaften Processen, welche die Nierenfunction erheblich beeinträchtigen, Urämie auf. Mit Harnstauung vergesellschaftet sich gewöhnlich noch Albuminurie, denn eine Druckerhöhung des Harns in den harnleitenden Organen pflanzt sich bis in die Tubuli hinein fort (durch Compression der Papille) und bedingt venöse Stauung durch Compression der Venenbündel des Markes, in zweiter Linie Steigerung des Blutdruckes in den umspinnenden Capillaren und damit Stauungsödem durch vermehrte Lymphfiltration. Unter dem die Integrität der Epithelien schädigenden Einfluss des Oedems, tritt alsdann Eiweiss in relativ grösserer Menge in den Harn über. Die nach Urinretention resorbirten Harnbestandtheile werden durch die Schweiss- und Speicheldrüsen, Bronchial- und Darmschleimhaut ausgeschieden.

Für die Regulirung des Blasenmechanismus sind auslösende Kräfte vorhanden, welche in nervösen Bahnen geleitet werden, deren Verlauf nur zum Theil sicher ermittelt ist.

Da der Detrusor sowohl willkürlich als auch reflectorisch contrahirt werden kann, ergiebt sich von selbst die Annahme einer mit dem Grosshirn verbundenen Leitung und eines Reflexbogens für die unwillkürliche Harnentleerung. Eine Bahn vom Gross-

hirn, deren Ursprung in die Rinde verlegt werden müsste, konnte bisher nicht bis dorthin verfolgt werden. Sie ist nach Budge bekannt vom Pedunculus an, ihre Fortsetzung nach dem Grosshirn lässt sich aber aus den Wahrnehmungen anderer Untersucher erschliessen. P. Bert erzeugte Blasencontractionen durch Reizung sensibler resp. gemischter Nerven, des Infraorbitalis, Medianus, Ischiadicus, Hermann und Basch durch diejenige des Cruralis. Sokowin bestätigte mit Nussbaum diese Angaben, fügte den Splanchnicus hinzu und führte ausserdem den Nachweis, dass das Reflexcentrum — dessen Erregung unter Einfluss des Willens nicht unwahrscheinlich ist — einer durch Schmerzempfindung ausgelösten Blasencontraction im Grosshirn liegt, denn nach Abtragung desselben bei Katzen blieben die Reizungen sensibler Nerven erfolglos. Von der Höhe des Pedunculus an geht dic centrifugale Bahn durch das Corpus restiforme, die Medulla oblongata, die Vorderstränge des Rückenmarks bis ins Lendenmark. — Für diejenige Bahn, welche den motorischen Schenkel des Reflexbogens für die unwillkürlich stattfindende Harnentleerung darstellt, sind zwei oder drei Wege bekannt. Der Scheitel des Reflexbogens liegt nach Budge im Lendenmark in Höhe des 4. Lendenwirbels (Kaninchen) nach Nussbaum in der Gegend zwischen 3. und 4. Lendenwirbel (Katze). Von hier aus können die zur Blasencontraction nothwendigen Erregungen geleitet werden, entweder direct durch die vorderen Wurzeln des 1., 2., 3. (Nussbaum, Sokowin), bezw. 4. (Budge) Sacralnervs oder durch sympathische Fasern, welche unterhalb des 3. Lendenwirbels (Katze) aus dem Rückenmark treten und direct vom Grenzstrang aus oder nach Durchsetzung des Ganglion mesent. inferius zur Blase gelangen. Die sensiblen Nerven schliessen sich in ihrem Verlauf den motorischen Bahnen an (hintere Wurzel des 1., 2., 3. 4. Sacralnervs und sympathischn Fasern). Welchen Verlauf die mit dem Hirn in Verbindung stehenden centripetalen Nerven nehmen ist nicht bekannt. Es stehen somit für die Entleerung soweit dieselbe ausschliesslich reflectorischer Natur ist nach Nussbaum 3 experimentell festgestellte Wege zur Verfügung: 1. Der Reiz geht durch die sensiblen Sacralwurzeln zum Centrum im Lendenmark und steigt durch die entsprechenden vorderen Wurzeln zur Blase nieder. 2. Die sympathischen Fasern bilden die centripetale Bahn; die motorischen Impulse verlaufen in denselben Nerven wie im 1. Fall. 3. Der Reiz steigt durch die sympathischen Fasern sensibler Natur zum Ganglion mes. inf. und wird hier auf motorische sympathische Fasern übertragen.

In den erwähnten Nervenstrecken liegen vermuthlich auch die Bahnen für den Sphincter vesicae, dieselben stehen aber mit einem besonderen Centrum in Verbindung. Budge und Masius verlegen dasselbe beim Kaninchen in die Gegend zwischen 6. und 7., Kupressow und Ott zwischen 5. und 6. Lendenwirbel.

Die motorischen Nerven, welche die willkürliche, hauptsächlich quergestreifte Verschlussmusculatur versorgen, verlaufen in den vorderen Wurzeln des 3. und 4. Sacralnervs weiterhin im N. pudendus. Sie stehen offenbar mit dem Gehirn in Connex.

Harnsedimente. Fängt man den aus der Urethra abströmenden Harn auf und überlässt ihn sich selbst, so bildet sich häufig, fast unmittelbar nach der Entleerung, ein Bodensatz, welcher nur auf solche Substanzen bezogen werden kann, die sich schon innerhalb der Blase in unlöslicher Form abgeschieden haben müssen.

Derartige Sedimente finden sich nicht selten im Pferde- und Schweineharn. Im ersteren Falle bestehen sie meist aus kohlensaurem Kalk, im letzteren vorzugsweise aus phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia, welche mitunter bei Obductionen in der Blase in grossen Quantitäten in feinkörniger Form angetroffen wird. Es können aber auch im ent-

leerten Urin ursprünglich gelöste Substanzen durch Abkühlen oder secundäre Umsetzungen ausfallen. Fleischfresserharn trübt sich häufig durch Ausscheidung von Harnsäure und sauren harnsauren Salzen, welche in kaltem Wasser sehr viel weniger löslich sind als in warmem. Allgemein hat die Beobachtung ergeben, dass aus saurem Urin Harnsäure, harnsaure Salze und oxalsaurer Kalk sedimentiren, wovon der letztere jedoch in vereinzelten Crystallen auch in alkalischem Pferdeharn vorkommt; aus alkalischem Harn sedimentiren kohlensaurer, phosphorsaurer Kalk und phosphorsaure Magnesia eventuell auch Tripelphosphat, welches gewöhnlich jedoch erst bei ammoniakalischer Zersetzung des Harns entsteht. Eine derartige, unter Entwickelung von gasförmigem Ammoniak verlaufende Umsetzung der organischen Harnbestandtheile, hauptsächlich des Harnstoffs, tritt erst nach längerem (tagelangem) Stehen ein und giebt sich dadurch kund, dass ein mit destillirtem Wasser angefeuchtetes, rothes Lackmuspapier durch das in Gasform entweichende NH_3 gebläut wird. Man kann auf diese Weise den durch Zersetzung alkalisch gewordenen Harn von dem unzersetzt alkalisch reagierenden Urin unterscheiden, da die Farbenveränderung in letzterem Falle erst durch Eintauchen des Reagenspapiers in dem Harn zu erzielen ist. Als Ursache der ammoniakalischen Harngährung sind Mikroorganismen nachgewiesen. Musculus wollte ein ungeformtes Ferment für die mitunter innerhalb der Blase eintretende Gährung verantwortlich gemacht wissen, welches bei catarrhalischem Zustande aus dem Blasenschleim sich entwickeln sollte. Seine Darstellungsmethode des ungeformten Fermentes bestand darin, dass er den Harn von an Blasencatarrh Leidenden mit Alkohol fällte, filtrirte, den Niederschlag mit Alkohol wusch und trocknete. Das trockne Pulver giebt, mit Wasser digerirt, ein klares, von morphotischen Elementen freies Filtrat, welches Harnstoff thatsächlich sehr schnell in kohlensaures Ammonium überführt. Trotzdem liegt nach Lea kein zwingender Grund vor, dies Ferment als präformirt anzunehmen. Derselbe fand, dass das von Mikroorganismen freie Filtrat von gährendem Harn kein Ferment im Alkoholniederschlage enthält. Das lösliche Ferment sei in dem geformten Gährungserreger (eine Torulaform) enthalten und trete erst dann in die umgebende Flüssigkeit über, wenn die Organismen durch Alkohol ertödtet sind, ein Verhalten, welches sich mit dem des invertirenden Fermentes der Hefe genau decke. Gudden stellt das Vorkommen eines ungeformten, Harnstoff zersetzenden Fermentes in Abrede. Das nach Musculus Vorschriften bereitete Fermentpulver enthalte stets Organismen. Leube's Untersuchungen liefern den Nachweis, dass bei der Harnstoffzersetzung noch mindestens ein zweiter Mikroorganismus (Bacterium ureae) concurrirt, welcher jedoch sicher kein ungeformtes Ferment liefert.

2. Milch.

Von

J. Tereg.

Diejenigen Organe, deren Absonderungsproduct als Milch bezeichnet wird, führen bei den Hausthieren den Namen Euter oder Milchdrüsen. Sie sind beiden Geschlechtern eigenthümlich, functioniren jedoch gewöhnlich nur bei weiblichen Thieren kurz vor und verschieden lange Zeit nach der Geburt. Zuweilen secerniren die Drüsen auch bei nicht tragenden weiblichen, sogar bei männlichen und jungen nulliparen Thieren. Die Anzahl der Milchdrüsen variirt. Bei Einhufern und den kleineren Wiederkäuern finden sich in der Regio pubis zwei einzitzige, bei Rindern 4, seltener 6, jederseits untereinander verschmolzene, mit 4 resp. 6 Zitzen versehene Milchdrüsen vor. Schweine besitzen auf jeder Seite 5—8, gewöhnlich 6, von der Regio pubis bis xyphoidea reichende Milchdrüsencomplexe mit ebenso vielen kurzen Zitzen. Das Gesäuge der Hunde besteht jederseits aus 5 Drüsengruppen mit gleicher Zitzenzahl, das der Katze aus je 4 Drüsen mit 2 Bauch- und 2 Brustzitzen. Jede einzelne Zitze zeigt Ausführungsgänge in verschiedener Zahl; beim Hund beträgt die Anzahl der hier verkümmerten Zitzencanäle 6, beim Schwein 2—3, bei Pferd und Katze 2, bei den Wiederkäuern 1. Durch Vermittelung der Milch sind die betreffenden Thiere wie alle übrigen Säuger in den Stand gesetzt, die geworfenen Jungen so lange zu ernähren, bis sie zur Verdauung anderweitiger Kost herangereift sind. Für die Einzelindividuen ist die Milch als ein Excret aufzufassen, in Bezug auf die Erhaltung der Gattung als Secret.

Allgemeine Eigenschaften.

In physikalischer Hinsicht zeichnet sich die Milch vor allen übrigen Secreten zunächst durch ihre Undurchsichtigkeit und weisse Färbung aus, welche mitunter eine gelbliche bis gelbbräunliche Nuance aufweist, so insbesondere bei der zuerst gelieferten Milch, der Colostralmilch.

Mitunter bilden sich im Verlauf von 24—32 Stunden einzelne blaue, in selteneren Fällen gelbe und rothe Flecken aus, welche die ganze Milchoberfläche überziehen können. Das Blauwerden etc. der Milch tritt erst ein und nimmt zu, wenn schwache Säuerung sich bemerklich macht. In säurefreier Milch zeigt sich nur eine matt schieferblaue resp. graue Färbung. Gerinnung der Milch hemmt die weitere Ausdehnung der Färbung, welche durch besondere Bacillenarten (Bacterium syncianum, B. lactis erythrogenes etc.) veranlasst werden. Nach Hueppe ist der Käse der Träger des Farb-

stoffs. Röthliche Färbung tritt auch nach längerer Krappfütterung ebenso bei Erkrankung des Blutes neben Bluthamen ein. Zur Vernichtung der färbenden Bacillen hat sich schweflige Säure (doppelt schwefligsaurer Kalk) am geeignetsten erwiesen.

Der angenehme, schwach süsse Geschmack der normalen Milch kann sich unter Einfluss des Futters oder nach Euterkrankheiten ändern.

Mastitis catarrhalis infectiosa, gelber Galt, nach E. Hess durch einen Streptococcus bedingt, verursacht in den ersten 8—14 Tagen nach der Erkrankung salzigen Geschmack. Durch Analysen von Eugling, Schaffer etc. ist eine Verminderung des Zuckergehalts um ca. die Hälfte der Norm und Vermehrung der Aschebestandtheile um das Doppelte bei derartiger, nebenbei auch schleimiger Milch constatirt. Bitteren Geschmack nimmt die Milch mancher »altmelker« Kühe an, ebenso nach Verabreichung mancher Futtermittel (viel jungem Klee, Eugling) oder in Folge der Anwesenheit von Mikroorganismen, welche noch nicht genauer ermittelt sind.

Der Geruch, welchen frischgemolkene Milch zeigt, erinnert mehr oder weniger stark an die Hautausdünstung der betreffenden Thiere und ist wahrscheinlich veranlasst durch Spuren flüchtiger Fettsäuren.

Die Reaction der Kuhmilch ist gewöhnlich eine amphotere (Hammarsten, Soxhlet), d. h. es wird sowohl blaues Lackmuspapier roth, als auch rothes blau gefärbt, ein Verhalten, das durch die gleichzeitige Anwesenheit neutraler und saurer Alkaliphosphate und Carbonate seine Erklärung findet. Ueberwiegt die eine oder andere Salzgrupppe, so stellt sich alkalische oder saure Reaction ein. Auf Veranlassung von Schlissberger prüfte Rueff frisch gemolkene Kuhmilch und fand unter 94 Individuen 44, welche Milch mit schwacher, theilweise stark saurer Reaction lieferten. Stutenmilch röthete in 46 Fällen 19 Mal Lackmuspapier. Schafmilch ergab ebenso oft saure, als alkalische oder amphotere Reaction. Die Milch von Hunden und Katzen reagirte bei animalischer und gemischter Kost sauer, bei ausschliesslich vegetabilischer alkalisch. Vom Schwein gewonnene Milch fand F. Müller stark alkalisch reagirend. Gekochte oder erhitzte Milch nimmt stärkere alkalische Reaction an als in ungekochtem Zustande. Es rührt dies einmal her von dem Entweichen der freien resp. locker gebundenen Kohlensäure (CO_2-saurer Carbonate), ausserdem aber auch von dem Uebergang eines Theils der Phosphorsäure der Alkaliphosphate an das Casein (Eugling).

Durch Zuführung von Wärme nimmt Milch leichter höhere Temperaturen an als Wasser, d. h. die Wärmecapacität der Milch ist geringer als die des Letzteren. Nach Fleischmann verbraucht 1 *kg* Kuhmilch zur Erhöhung der Temperatur um 1° C. nur 0,847 Calorien. Der Siedepunkt liegt nicht ganz einen Grad Celsius höher, der Gefrierpunkt um etwas niedriger als beim Wasser. Ferner zeigt die Milch die grösste Dichtigkeit nicht bei 4° C., sondern es contrahirt sich dieselbe beständig bis zum Gefrierpunkt, um sich erst im Augenblicke des Erstarrens auszudehnen, ein Vorgang, welcher nach Schröder an die Gegenwart des Casein geknüpt ist. Dieses Verhalten macht es auch erklärlich, dass bei Zunahme der Cohäsion unter Einfluss niedriger Temperaturen auch die Adhäsion zunimmt, wie Soxhlet

dies mittelst des Reischauer'schen Viscosimeters feststellte. In relativ hohem Grade zähflüssig erweist sich das Colostrum.

Das gewöhnliche Maass für die Dichtigkeit, das specifische Gewicht der Milch, richtet sich, abgesehen von der Temperatur, nach dem Verhältniss der Mengen des vorhandenen Wassers (specifisches Gewicht bei 15° = 1), des Butterfettes (specifisches Gewicht = 0,93) und der fettfreien festen Substanzen (Gesammteiweiss, Milchzucker und Asche specifisches Gewicht = 1,6) zu einander. Um die ermittelten specifischen Gewichte vergleichbar zu machen, müssen dieselben auf gleiche Temperatur, gewöhnlich 15° C., reducirt werden. Da die Milch mit abnehmender Temperatur dichter wird, so erhöht sich dadurch ihr specifisches Gewicht und umgekehrt. Für Kuhmilch berechnet sich die Zu- und Abnahme auf etwa 0,001 für je 5°, so dass z. B. Milch, welche bei 20° ein specifisches Gewicht von 1,032 besitzt, bei 15° 1,033 zeigen würde. Differenzen im specifischen Gewicht nach Reduction auf gleiche Temperatur, können nicht ohne Weiteres als Anhaltspunkt zur Beurtheilung der Menge an vorhandener Gesammttrockensubstanz oder an Fett benutzt werden. Niedriges specifisches Gewicht kann sowohl durch einen geringen Gehalt an fettfreier Trockensubstanz, als auch durch einen sehr hohen Gehalt an Butterfett veranlasst sein, dementsprechend hohes specifisches Gewicht durch das umgekehrte Verhältniss. Ferner bleibt zu beachten, dass, wie Fleischmann nachwies, die Milch sich noch etwas verdichtet, nachdem dieselbe sich mit der Aussentemperatur nach dem Melken bereits ins Gleichgewicht gesetzt hatte. Diese Zunahme des specifischen Gewichts dauert bei einer Aussentemperatur von 15° etwa 2 Tage und beläuft sich im Maximum auf 0,0008—0,0015, ein Werth, welcher meist vernachlässigt werden kann, wenn es sich nicht um sehr genaue Untersuchungen handelt. Zur Bestimmung des specifischen Gewichts der Milch bedient man sich in der Regel solcher Aräometer, welche das Resultat direct abzulesen gestatten und bezeichnet dieselben als Lactodensimeter (Quévenne, Soxhlet). Mit Hülfe des specifischen Gewichts lässt sich, wie Fleischmann entwickelt hat, bei bekannter Fettmenge die Trockensubstanz oder wenn letztere bestimmt ist, der Fettgehalt mit einer für practische Zwecke ausreichenden Genauigkeit ermitteln. Bezeichnet man mit tr den procentischen Gehalt an Trockensubstanz, mit f den analogen Werth des Milchfettes und mit s das specifische Gewicht, so lautet die Formel zur Ermittellung des Gehalts an Trockensubstanz:

$$\mathrm{tr} = 1{,}2\,\mathrm{f} + 2{,}665\,\frac{100 \cdot \mathrm{s} - 100}{\mathrm{s}}$$

und die zur Ermittelung des Fettgehalts:

$$\mathrm{f} = 0{,}833 \cdot \mathrm{tr} - 2{,}22\,\frac{100 \cdot \mathrm{s} - 100}{100}$$

Bei Kuhmilch schwanken die Werthe des specifischen Gewichts zwischen 1,027 und 1,035 (Durchschnittsmilch = 1,032), für gut durchgemischte Milch ganzer Viehstapel zwischen 1,029—1,033. Colostrum

zeigt bei 15° C. 1056 im Mittel (1,040—1,080), abgerahmte, sogenannte Magermilch 1,032—1,037. Rahm 1,010 durchschnittlich, (0,95—1,028). Stutenmilch variirt im specifischen Gewicht zwischen 1,036—1,045, Eselsmilch weist an specifischem Gewicht auf 1,023—1,036, Schafsmilch 1,035 bis 1,041, im Mittel 1,0367, Ziegenmilch 1,028—1,034, gewöhnlich 1,033 (Brisson, Stiprian), Hundemilch 1,033—1,036 (Simon).

Chemische Bestandtheile.

A. Organische Substanzen.

Unter den chemischen Bestandtheilen der Milch sind sämmtliche Nährstoffe, Eiweiss, Fette, Kohlehydrat, Nährsalze und Wasser vertreten.

1. Eiweiss.

Von den in der Milch vorkommenden Eiweisskörpern findet sich Casein am reichlichsten vor. Schon früher hatte C. G. Lehmann betont, dass das Casein aller Milchsorten, auch das der Frauenmilch höchst wahrscheinlich identisch sei, obwohl Casein aus Frauenmilch durch Lab ausgefällt, ein viel lockereres, gallertartiges Coagulum bildet als das aus Kuhmilch auf gleiche Art erhaltene. E. Pfeiffer constatirte ein ähnliches Verhalten dieser beiden Caseine Säuren gegenüber. Frauenmilchcasein fällt durch Säuren in feinen, zarten Flocken aus, desgleichen Casein aus Stutenmilch, während Kuhcasein grosse und derbe Flocken bildet. Dieser Unterschied in der Grösse und Consistenz der Caseinflocken wird nach Dogiel durch nichts Anderes bedingt als den verschiedenen Salzgehalt der Milch. Wenn man letzteren in der Frauenmilch auf dieselbe Höhe bringt wie in der Kuhmilch, so bilden sich bei Ausfällung mit Essigsäure ebenso grobflockige Niederschläge wie in der Kuhmilch. In unveränderter Milch giebt Trichloressigsäure einen bleibenden Niederschlag von Casein, während in Frauenmilch die Caseinfällung durch einen Ueberschuss des Reagens gelöst wird. Reine Lösungen beider Caseine verhalten sich gegen die verschiedensten Reagentien ganz gleich; auch bei Pepsinverdauung ergab sich der gleiche Rückstand von Nuclein. Aus der Gesammtheit dieser Resultate ergiebt sich der Schluss, dass beide Eiweisskörper einander ausserordentlich nahe stehen; J. Schmidt erklärt sie gradezu für identisch. — In Wirklichkeit kommt in der normalen Milch reines Casein überhaupt nicht vor. Der Käsestoff der Milch ist nach Eugling als Caseintricalciumphosphat aufzufassen. Als Gründe für die Richtigkeit dieser Ansicht führt Eugling an, dass sowohl in dem Calciumtriphosphat, wie in der durch Alkohol oder Kochsalz ausgeschiedenen Caseinverbindung der Milch das Verhältniss von Phosphorsäure zu Kalk nahezu das gleiche ist. Im Tricalciumphosphat treffen auf 100 Theile P_2O_5 118,3 Theile CaO, während in der aus Milch erhaltenen Caseinverbindung auf 100 Theile P_2O_5

117,9 CaO ermittelt wurden. Da nach Völker, Hammarsten, von denen der letztere schon früher bestimmte Beziehungen zwischen Kalkphosphat und Casein feststellte, reines Casein an und für sich Phosphor enthält, würde der relativ grössere P-Gehalt des Caseintricalciumphosphats erklärt sein. Dieses Caseinsalz befindet sich in der Milch nicht in gelöstem sondern nur in stark gequollenem Zustande. So fand Hammarsten, dass bei wiederholtem Filtriren der Milch die Caseinmenge mehr und mehr abnimmt, Zahn und J. Lehmann, dass beim Filtriren durch Thoncylinder neben Fett das Casein vollständig zurückgehalten wird. Durch Dialyse gelingt es ebenfalls Casein, wie Hoppe-Seyler nachwies, zu isoliren, aber gleichzeitig gehen die Kalksalze in das Diffusat über (Hammarsten).

Ausser Casein lassen sich noch andere Eiweisskörper in der Milch nachweisen, deren Natur nach neueren Untersuchungen als vollkommen festgestellt gelten kann.

Vor allem scheint es geboten, über die Nomenclatur einige orientirende Bemerkungen vorauszuschicken. Versetzt man Milch behufs Abscheidung des Casein mit verdünnter Essigsäure, filtrirt und kocht das Filtrat, so erhält man ein geringes Coagulum, welches allgemein für Albumin gehalten wurde, als reines Albumin aber nach den unten angeführten Untersuchungen von Sebelien nicht angesprochen werden kann. Nach Abfiltriren des »Albumin« findet sich im Filtrat noch eine Eiweisssubstanz, für welche Millon und Comaille die Fällbarkeit durch Quecksilbernitrat, Tannin und Alkohol als characteristisch erklärten und dieselbe Lactoprotein benannten. Einen mit gleichen Eigenschaften ausgestatteten Eiweisskörper belegten Bouchard und Quévenne mit dem Namen Albuminose; Morin nennt die Albuminose Galaktin, während Selmi den durch Alkohol fällbaren Körper mit Gelaktin bezeichnet. Nach Struve, Kirchner soll diese vielbenannte Substanz identisch mit dem von Schmidt-Mühlheim in der Milch gefundenen Pepton sein. Das »Lactoprotein« etc. stellt jedoch überhaupt keinen selbstständigen nativen Milchbestandtheil dar, sondern wegen der mangelhaften Trennungsmethoden unvollständig ausgefällte Reste von Casein und Albumin. Auch dem Caseoalbumin und Caseoprotalbumin von Danilewsky und Radenhausen kann die Existenzberechtigung nicht zuerkannt werden, da es durch Einwirkung chemischer Reagentien entstandene Kunstproducte sind (Hammarsten).

Duclaux und ebenso E. Pfeiffer leugnen das Vorhandensein anderer nativer Eiweisskörper ausser Casein, von welchem alle übrigen Eiweissmodificationen abstammen sollen. Diese Anschauung deckt sich aber mit den thatsächlichen Verhältnissen ebenfalls nicht, wie Sebelien durch folgendes Verfahren nachwies.

Fällt man das Casein anstatt mit Essigsäure, mit Kochsalz in Substanz aus, nach Herstellung amphoterer Reaction, so erreicht man hierdurch zunächst eine vollständigere Entfernung des Casein als mit dem erstgenannten Reagens. Beim Filtriren gehen nun die in der Milch enthaltenen übrigen Eiweisskörper in das Filtrat, die Molke über, wenngleich nicht in ihrer gesammten Menge, da Globuline durch concentrirte Salzlösung theilweise ebenfalls gefällt werden. Erwärmt man die auf solche Weise erhaltene Molke, so tritt zunächst constant bei 35° C.

ein flockiger Niederschlag auf, welcher aus einem eiweissartigen Körper (wahrscheinlich einem kleinen Rest von Casein) und hauptsächlich aus phosphorsaurem Kalk besteht.

Nach dem Abfiltriren dieser Fällung erhält man durch Sättigen des klaren Filtrats mit pulverisirtem Magnesiumsulfat einen neuen, deutlich flockigen Niederschlag. Gereinigt und auf sein Verhalten untersucht, zeigte derselbe mit dem auch im Blute vorkommenden Paraglobulin übereinstimmende Eigenschaften. Dieses Globulin bezeichnet Sebelien als Lactoglobulin. Die Ausbeute daran beträgt nur wenige Milligramm pro Liter Milch. Aus dem Filtrat vom Magnesiumsulfatniederschlag gewinnt man durch Ausfällen mit 0,25 pCt. Essigsäure ein Albumin, das zwar die meisten Eigenschaften mit dem Serumalbumin gemein hat, aber im Drehungsvermögen differirt. $[\alpha]D$ beträgt für Serumalbumin — 60 bis — 64° (Starke), für diesen in der Milch vorkommenden, der Albumingruppe angehörigen und Lactalbumin genannten Eiweisskörper — 37°.

Ausser den erwähnten Eiweisssubstanzen ist in der Milch, speciell der Kuhmilch, Pepton nachgewiesen.

Nach F. Hofmeister, Dogiel enthält frische Kuhmilch kein Pepton, es kann sich aber dasselbe, wie C. Arnold, Schmidt-Mühlheim constatirten, durch längeres Stehen bei Zimmertemperatur, besonders leicht aber durch Digeriren bei Bluttemperatur bilden (im Maximum 0,35 pCt.). Schmidt-Mühlheim führt die Peptonbildung auf eine auf Kosten des Casein sich vollziehende Fermentation zurück. Das Ferment wird durch Siedehitze zerstört, büsst aber durch angemessenen Zusatz von Salicyl- und Carbolsäure seine Wirksamkeit nicht ein und erinnert in diesem Verhalten an die eiweissverdauenden Fermente. Da die Peptonzunahme geringer ist als die Caseinabnahme, entstehen vermuthlich noch andere Producte. Man könnte geneigt sein Hemialbumose als eines derselben anzusprechen, da J. Schmidt das Vorkommen dieses Körpers in frischer, mehr noch in erwärmter Milch constatirt haben will. Das von J. Schmidt zur Ermittelung von Hemialbumose eingeschlagene Verfahren ist zwar anfechtbar, das Vorkommen dieser Substanz kann aber, nach Axenfeld's Resultaten mit seiner Pyrogallolfällungsmethode zu urtheilen, nicht mehr bezweifelt werden. Der Gehalt beläuft sich in der Kuhmilch auf 0,13 pCt., in Frauenmilch auf 0,23 pCt.

2. Fett.

Nächst den Eiweisskörpern verdienen die in der Milch vorkommenden Fette vollste Beachtung. Das Butterfett, wie die übliche Beziehung der Gesammtheit der in der Milch vertretenen Fettbestandtheile lautet, findet sich im emulgirten Zustande vor. Bekanntlich lösen sich flüssige Neutralfette in wässrigen Flüssigkeiten nicht, wohl aber dann, wenn ein Menstruum, Eiweiss, Gummi, Schleim oder dergleichen zugesetzt wird. Die Fettsubstanzen werden durch das Emulgens in

Gestalt kleinster Tröpfchen suspendirt und können diese Form dauernd beibehalten (dauernde Emulsion). In der Kuhmilch ist die Grösse der Fetttröpfchen von Fleischmann u. A. im Mittel zu 0,0042 *mm* Durchmesser bestimmt worden, die kleinsten zu 0,0016, die grössten zu 0,01 *mm* Durchmesser. Unter Annahme eines Fettgehalts von 4 pCt., einer constanten Grösse von 0,01 *mm* Durchmesser für jedes Milchkügelchen, mit einem Gewicht von 0,000000478 *mg* lässt sich die Zahl derselben im Liter auf mindestens 80 Millionen pro Liter berechnen. Die Emulgirung des Fettes wird einzig und allein durch die stark gequollene, fast schleimige Caseinverbindung bewirkt. Es geht dies daraus hervor, dass durch Thonzellen filtrirte caseinfreie Milch, Butterfett oder Oel nicht mehr zu emulgiren vermag. Das Casein sollte jedoch zum Fett in anderer Beziehung stehen als die gewöhnlichen Menstrua, welche, nach der Emulgirung eine dünne Schicht um die Fetttröpfchen bildend, durch Molecularattraction auf der kleinen Kugeloberfläche haften. Von Mitscherlich war beobachtet worden, dass die Fettextraction nicht mit Aether allein sondern erst nach Zusatz von Essigsäure oder Kalilauge gelingt und man hatte hierauf die Annahme der Präexistenz einer die Fetttröpfchen umgebenden Caseinhülle basirt, herrührend von Plasmaresiduen jener Zellen, in denen das Fett innerhalb der Milchdrüse sich bilde.

Durch Essigsäure resp. Kalilauge sollte das Eiweiss gelöst und das Fett der Einwirkung des Aethers zugänglich gemacht werden.

Soxhlet führte den Nachweis von der Unzulänglichkeit dieser Hypothese und zwar durch folgenden Versuch: Schüttelt man von 3 verschiedenen Proben derselben Milch, welcher man vorher einige Tropfen Kalilauge zugesetzt hat, je eine derselben mit Benzin, Chloroform und Aether, so tritt nur in der mit Aether geschüttelten Partie eine Auflösung des Fettes ein, in den beiden anderen dagegen nicht. Würde es sich um eine Lösung der Caseinhülle handeln, so wäre nicht einzusehen, weshalb die fettlösende Wirkung des Benzin und Chloroform versagen sollte. Es kann demnach die Ursache der Fettlösung des Aethers nur in einer Nebenwirkung desselben zu suchen sein; dieselbe besteht darin, dass Aether nach Kali resp. Essigsäurezusatz auf den Käsestoff wasserentziehend wirkt, den Quellungszustand desselben und dadurch die emulgirende Kraft des Casein ändert, während bei anderen fettlösenden Agentien dies nicht der Fall ist. — Der Schmelzpunkt des Butterfettes liegt zwischen 29° und 41°, der Erstarrungspunkt stets etwas niedriger und zwar etwa bei 19—23°. Bei tieferer Temperatur als 15° nimmt es eine krümelige Beschaffenheit an. Nichtsdestoweniger lässt sich Milch bis 0° abkühlen, ohne dass der flüssige Zustand des Fettes eine Veränderung erleidet. Soxhlet glaubt deshalb, dass die Fettkügelchen sich in der Milch, analog gewissen Beobachtung von Fahrenheit, Musson und Dufons durch »Unterkühlung« im flüssigen Zustande erhalten. Erst durch Abkühlung unter 0° oder durch mechanische Erschütterung (Buttern) tritt Erstarrung des Fettes ein; die Kugel- und Tropfenform desselben geht

alsdann verloren und die Begrenzungslinien erscheinen gezackt. — Ursache der Milchfarbe. Durch das im emulgirten Zustande vorhandene Fett findet eine allseitige unregelmässige Reflexion des Lichtes statt, wodurch der Eindruck der Undurchsichtigkeit und der weissen Farbe entsteht. Der Beweis dafür lässt sich unschwer erbringen. Ueberlässt man Milch einige Zeit sich selbst, so steigen die Milchkügelchen vermöge ihres relativ geringen specifischen Gewichtes an die Oberfläche und bilden daselbst eine intensiv weisse Schicht mit schwach gelblicher Nuance, die Rahmschicht. Darunter befindet sich die Magermilch, zwar nicht fettlos, denn nicht alle Fetttröpfchen können sich durch die geringgradig viscöse Flüssigkeit hindurcharbeiten, aber doch minder fetthaltig und deshalb in dünneren Lagen durchscheinend, mit dem optischen Effect von bläulich-weiss.

Durch Wärme wird das Aufsteigen des Butterfettes »die Aufrahmung« begünstigt, durch Kälte aber verlangsamt. Gewöhnlich vermeidet man jedoch höhere Temperaturen wegen der leichten Zersetzbarkeit der Milch. Zur Bestimmung des Fettgehaltes der Milch, dessen Grösse in Erfahrung zu bringen practisch von Wichtigkeit ist, kann man sich, abgesehen von der regelrechten chemischen Analyse durch Ermittelung des Gewichts an Butterfett, verschiedener anderer Methoden bedienen.

Das einfachste Verfahren beruht auf der volumetrischen Bestimmung der Rahmschicht, welche sich in einer gewissen Zeit (24 Stunden) bildet, (Kremometrie; Chevalier's Kremometer) liefert aber ebenso wie die optischen Methoden nicht hinreichend genaue Werthe. Das Princip der letzteren beruht meist auf die Verdünnung der Milch mit Wasser oder Verminderung der Schichtdicke der Milch auf anderem Wege bis zu dem Punkte, wo die Milch durchscheinend und eine bestimmte Marke eben sichtbar wird. Hierher gehören die Lactoskope von Donné, Seidlitz, Reischauer, Feser, Mittelstrass. Einen beschränkten Werth und nur zur Schätzung der relativen Fettmengen geeignet (fett, weniger fett, mager etc.) besitzen der Milchspiegel von Heusner und das Pioskop von Heeren. Soxhlet's Methode gründet sich auf Bestimmung des specifischen Gewichtes des durch Zusammenwirken von Kalilauge und Aether in bestimmten Mengen aus der Milch frei gewordenen und in Aether gelösten Fettes. Der Fettgehalt wird ebenso genau und sicher hierdurch ermittelt wie der Alkoholgehalt des Spiritus durch das Alkoholometer, da die Differenz zwischen dem specifischen Gewichte von Fett und Aether ebenso gross ist, wie die von Wasser und Alkohol. Alleinige Ermittelung des specifischen Gewichts der reinen Milch durch Lactodensimeter kann aus den früher angedeuteten Gründen einen sicheren Anhalt über die Fettmenge nicht geben. Die Anwendung des Marshand'schen Lactobutyrometers basirt auf volumetrischer Bestimmung einer ätherischen Milchfettlösung. Werden gleiche Theile Milch, Aether und Alkohol geschüttelt, so scheidet sich eine concentrirte ätherische Fettlösung an der Oberfläche des Gemisches aus, wobei das Volumen der Fettlösung in gewissem Verhältniss zum Fettgehalt der untersuchten Milch steht. Ein Verfahren, welches von Soxhlet, Feser, Helm, C. Lehmann, Orth und du Roi sehr empfohlen wird, ist das de Laval'sche. Casein wird durch Säuren nicht allein gefällt, sondern auch durch überschüssig vorhandene beim Erhitzen gelöst. De Laval mischt 10 *ccm* Milch mit 10 *ccm* concentrirter Essigsäure und 5 *ccm* concentrirter Schwefelsäure, erwärmt 7—8 Minuten auf dem Wasserbade und beschickt mit dem Gemisch ein graduirtes Glasrohr, das sich in einer entsprechenden

platinirten Metallfassung befindet, worauf durch Centrifugiren das Fett isolirt und der Procentgehalt direct abgelesen wird. Den Apparat, durch welchen sich bei Handbetrieb der Centrifuge drei Bestimmungen gleichzeitig ausführen lassen, nennt de Laval »Lactokrit«.

Als Bestandtheile des Butterfettes sind die Glycerinester sämmtlicher Fettsäuren gefunden worden, deren Kohlenstoffgehalt zwischen C_2 und C_{20} gelegen und deren C-Atomzahlen durch 2 theilbar sind. Ein grosser Theil dieser Triglyceride war schon seit den grundlegenden Arbeiten von Chevreul bekannt, neuere Arbeiten haben das Vorhandensein der noch fehlenden Glieder in der Reihe erwiesen. Durch Verseifen mit alkoholischer Kalilauge erhält man aus dem Butterfett folgende Fettsäuren:

Essigsäure	$C_2H_4O_2$
Buttersäure	$C_4H_8O_2$
Capronsäure	$C_6H_{12}O_2$
Caprylsäure	$C_8H_{16}O_2$
Caprinsäure	$C_{10}H_{20}O_2$
Laurinsäure	$C_{12}H_{24}O_2$
Myristinsäure	$C_{14}H_{28}O_2$
Palmitinsäure	$C_{16}H_{32}O_2$
Stearinsäure	$C_{18}H_{36}O_2$
Arachinsäure	$C_{20}H_{40}O_2$

Ausserdem Oelsäure, und aus Lecithin entstandene Glycerinphosphorsäure neben Cholin, Spuren von unzersetztem Cholesterin. Ob Essigsäure als Glycerinverbindung oder frei vorkommt ist noch fraglich. Béchamp fand dieselbe neben Spuren von Alkohol auch in ganz frischer Milch. Wein gelang es, auch in Butterfett Ameisensäure und Hoppe-Seyler in frischer, sauer reagirender Milch Milchsäure, C. Arnold in einer widerlich, schwach kratzend schmeckenden Kuhmilch freie Oelsäure nachzuweisen. Selbstverständlich sind die Glyceride der oben angeführten Fettsäuren nicht in gleichem Procentverhältniss im Butterfett vertreten. Bromais ermittelte in frischer Maibutter an Stearin und Palmatin (von ihm als »Margarin« aufgeführt) 68 pCt., Olein 30 pCt., von den specifischen Butterfetten Butyrin incl. Capronin, Caprylin und Caprinin 2 pCt. Laurin das Triglycerid der Laurinsäure, dessen Vorkommen vielfach früher bereits vermuthet wurde, wies Heintz im Butterfett neuerdings nach. Das »Margarin« enthält nach demselben Autor auch Arachin.

Die Stutenmilch liefert ein schmalzartiges, halböliges, schlecht schmeckendes Product, über dessen Zusammensetzung ebenso wenig etwas Näheres bekannt ist, wie über die der meisten übrigen Butterfette. (Ueber Butter als Nahrungsmittel cf. S. 107.) Duval constatirte in der Pferdemilch das Salz einer nicht flüchtigen, in kleinen nadelförmigen Gruppen crystallisirenden Säure, verbunden mit einer beim Erwärmen entweichenden Base (substituirtes Ammoniak), welche er mit den Namen Equinsäure (Acide équinique) belegt. Das der Eselsmilch hat eine weisse Farbe; Schafbutter erscheint halbflüssig

blassgelb, Ziegenbutter etwas consistenter. Das Verhältniss der Fette mit niedrigem Schmelzpunkt zu denen der festen Fette ist im hohen Grade von der Nahrung abhängig. Im Allgemeinen nahm man mit Chevreul, Bracquot, Boussignault an, dass das Fett der bei Grünfütterung gewonnenen Milch mehr flüssiges Glycerin (60 pCt.) als jenes der bei Trockenfütterung erzeugten Milch enthalte (40—45 pCt.); aus Fütterungsversuchen, welche in Halle angestellt wurden, scheint jedoch der Unterschied zwischen Grün- und Trockenfutter von viel geringerem Einflusse auf die Consistenz des Butterfettes zu sein, als einzelne sogenannte Kraftfuttermittel z. B. Baumwollensamenmehl, Leinöl-, Erdnuss-, Palmkuchen, Leguminosen In allen Perioden, in denen derartiges Beifutter gereicht wurde, erhöhte sich der Schmelzpunkt des Fettgemisches, gleichviel ob Grün- oder Trockenfutter gereicht wurde. Verfütterung von eingesäuertem Material, Mais, Rübenblätter, ausserdem von Rapskuchen etc. bedingt mitunter eine Erniedrigung des Schmelzpunktes.

Ungedämpfte oder ohne Häcksel verfütterte Kartoffeln sollen zur Entstehung einer krümlichen, festen Butter Veranlassung geben; Heiden konnte dagegen einen Unterschied in der Qualität der Butter nach Fütterung gedämpfter und ungedämpfter Kartoffeln nicht beobachten.

Hoppe-Seyler nimmt als Ursache der Gelbfärbung des Butterfettgemisches einen Farbstoff an, der die spectroscopischen Eigenschaften des Lutein zeigt; in welcher Beziehung dieser Farbstoff zu dem von Andeer ermittelten Resorcingelb steht, muss weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Ein weiterer characteristischer Bestandtheil der Milch, der bisher nur als Product der Milchdrüse bekannt wurde, ist der Milchzucker, welcher in der Pferdemilch am reichlichsten vorkommt (4—8 pCt.). Durch Abdampfen der gekochten und flltrirten Molke bis zur Syrupconsistenz, kann derselbe nach längerem Stehen crystallinisch erhalten werden. Die verschiedenen Milcharten enthalten sämmtlich diese Zuckerart, wenngleich nicht in denselben Quantitäten. Unter Einfluss von manchen Fermenten, von denen zwei hauptsächlich in Betracht kommen, ein organisirtes (Bacillus acidi lactici, Hueppe) und ein von Hammarsten im Magensaft nachgewiesenes, nicht organisirtes Ferment (Milchsäureferment), geht der Milchzucker unter Eintritt eines Molecüls Wasser in Milchsäure über:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 4\,C_3H_6O_3.$$

Durch einen bestimmten, in Rosenkranz- und Zoogläaform auftretenden Coccus werden Milchzuckerlösungen, selbst einprocentige, in schleimige Gährung versetzt. Die entstehende schleimige Substanz ist durch Alcohol fällbar und theilt viele Reactionen mit dem Quittenschleim. 5 pCt. Borsäurelösung tödtet das Ferment. Diese Art der Umsetzung des Milchzuckers ist die Veranlassung zur Entstehung »fadenziehender oder schleimiger« Milch (Schmidt-Mühlheim), welche sich zur Buttergewinnung nicht eignet, da dieselbe nicht aufrahmt Schütz hat einen nachträglich von St. v. Ràtz beschriebenen Diplococcus isolirt, welcher sterilisirte Milch in schleimige Gährung versetzt. In diesem Falle bildet sich eine zwar schmierige klebrige Rahmschicht, die hieraus dargestellte Butter soll aber tadellos sein. Gewisse Hefearten benutzt

man zur Einleitung alcoholischer Gährung des Milchzuckers, wodurch die Milch berauschende Eigenschaften erhält.

Von Ritthausen wird das Vorkommen geringer Mengen eines dextrinartigen Körpers erwähnt, der Kupferoxyd in alkalischer Lösung nur bei längerem Kochen schwach reducirt, stark aber nach vorherigem Kochen mit etwas verdünnter Schwefelsäure.

Die Kuhmilch enthält nach Soxhlet und Th. Häckel als normalen Bestandtheil, in der fast constanten Menge von 0,1 pCt., Citronensäure $CH_3(COOH) - C(OH)(COOH) - CH_3(COOH)$. Aus 1 *l* Milch verschiedenster Herkunft wurden 1,8—2,2 *g* citronensaurer Kalk, entsprechend 0,9—1,1 *g* der Säure isolirt.

Das Vorkommen der Citronensäure in der Milch, bietet nach verschiedenen Richtungen ein besonderes Interesse. Dieselbe ist bisher nur als Bestandtheil mancher Pflanzen, noch nie aber im thierischen Körper gefunden worden. Zweifellos entstammt die Citronensäure auch in diesem Falle der eingeführten Nahrung; ob Grünfutter resp. Heu Citronensäure präformirt enthält oder letztere unter den Gährungsproducten der Cellulose auftritt, muss noch dahingestellt bleiben. Auffallend ist das Vorkommen der Citronensäure in der Milch immerhin, da nach den Angaben von Wöhler die in der Nahrung enthaltenen Citrate im Harn als Carbonate erscheinen.

An sonstigen organischen Verbindungen finden sich in der Milch Harnstoff (nach Lefort 0,007 pCt. in Kuhmilch) in Spuren Kreatinin (von C. Arnold in einem Fall zu 0,079 pCt. bestimmt). Xanthinverbindungen und Spuren einer Schwefelcyanverbindung. In dem basalen Euterabschnitt der Kuh treten nach Angabe Andeer's auf Anisol, Cuminol, Cymol, Tymol, kurz alle Aromatica, welche der Flora, die den Herbivoren zur Nahrung dient, eigenthümlich sind. Die Milch enthält diese Bestandtheile nicht, wohl aber Resorcin und Phenol. Die Anhäufung kleiner Schleimdrüsen auf der Schleimhaut der Milchdrüse lässt Mucin in dem Eutersecret vermuthen.

B. Anorganische Substanzen.

Die anorganischen Bestandtheile kommen in der Milch in einem wesentlich anderem Mischungsverhältniss vor, wie in den übrigen thierischen Flüssigkeiten hängen aber in ihren absoluten Mengen nachweisbar von dem vorgelegten Futter ab; es überwiegen, ähnlich wie in der Asche fester Organe, Kali und Phosphorsäure über Natron und Chlor. Kalkphosphate, zu etwa 0,25 pCt. in der Kuhmilch enthalten, und Eisen finden sich in organischer Verbindung, denn versetzt man frische, amphoter reagirende Milch mit Ammoniumoxalat, so tritt keine Umsetzung der Kalksalze zu Calciumoxalat ein. Eisenreaction erhält man erst nach Einwirkung von Pepsin, von Kali- oder Natronlauge bei höherer Temperatur (Lubavin, Bunge). Auf dem gewöhnlichen Wege gelingt es nicht, Eisen in der Milch nachzuweisen. Durch Ausfällen des Casein mit Alcohol verbleiben etwa 11 pCt. der gesammten

Kalksalze in der Molke und auch diese sind durch oxalsaures Ammoniak nicht fällbar. Die Kalkverbindungen der Milch haben die grösste Aehnlichkeit mit basischen Salzen, in welchen das Eiweiss die Rolle der Säure spielt. Zerlegt werden diese Substanzen unter Abspaltung des Kalkphosphates durch Essig-, Milch- und Weinsäure, sowie durch Mineralsäuren; ein Zusatz von oxalsaurem Ammoniak nach Neutralisiren der angesäuerten Milch ergiebt alsdann einen Niederschlag von Calciumoxalat (Eugling). Filtrirt man Milch durch poröse Thoncylinder, so findet man in dem Filtrat erheblich mehr Kalk in Lösung als dem Verhältniss von Mineralsäuren zu Basen entspricht. Die Berücksichtigung des Citronensäuregehaltes der Milch macht diese bisher unerklärte Thatsache verständlich. Die in condensirter Milch häufig vorkommenden Concretionen bestehen aus fast reinem citronensaurem Kalk. Im Rückstand der durch Thoncylinder filtrirten Milch fand Söldner von 100 Theilen Kalk der Gesammtmilch 53—72 pCt. CaO und von Phosphorsäure 36—56 pCt. P_2O_5.

In der Milchasche altmilchender Kühe war mitunter weniger Phosphorsäure und Kalk anzutreffen als gewöhnlich. Schrodt führt hierauf die sogenannte Trägheit der Milch beim Aufrahmen zurück; die vorhandenen Mengen von Kalk und Phosphorsäure seien nicht ausreichend, einen normalen Quellungszustand des Casein herbeizuführen und in Folge dessen sei das Aufsteigen der Milchkügelchen erschwert. Mangel an Kalksalzen im Organismus, resp. der Milch frischmilchender Kühe, tritt auch bei Verabreichung von kalkarmem Futter (Zuckerfabrikatsrückstände z. B.) ein und führt mitunter zu Fehlern in der Käsebildung bei der Verwerthung der betreffenden Milch. Je weniger Calciumphosphat die Milch enthält, desto schmieriger und klebriger wird der Käse, ebenso bei einem zu hohen Magnesiagehalt. Durch Zusatz von Kalkphosphat zum Futter gelingt es zumeist Abhülfe zu schaffen.

Bei Rübenfütterung findet sich Borsäure als gelegentlich beobachteter Bestandtheil der Milchasche vor.

Gesammtasche. Es sind enthalten:

In 100 Theilen Asche	Kuhmilch (Fleischmann)	Stutenmilch	Hundemilch	Katzenmilch
		(Bunge)		
K_2O	23,54	25,44	10,74	10,11
Na_2O	11,44	3,38	6,13	8,28
CaO	22,57	30,09	34,44	34,11
MgO	2,84	3,04	1,49	1,52
Fe_2O_3	0,31	0,37	0,14	0,24
P_2O_5	27,68	31,06	37,49	40,23
Cl	11,62	7,50	12,35	7,12

Einige Aschenanalysen von Schrodt berücksichtigen auch den Schwefelsäuregehalt der Kuhmilch, welcher im Mittel 4 pCt. der Gesammtasche beträgt, um welchen Betrag die Phosphorsäure, welche ausser an Kalk auch an Alkalien gebunden ist, zu erniedrigen wäre.

Mitunter entstehen innerhalb der Ausführungsgänge des Euters Concretionen, von denen Fürstenberg 3 Arten unterscheidet: Milchsteine, kleine rundliche oder mit abgerundeten Ecken versehene Körper von Hirsekorn- bis Bohnengrösse, weiss oder grauweiss gefärbt. Pseudomilchsteine gleichen im Aeusseren den wahren Milchsteinen, enthalten aber einen aus Käse bestehenden Kern. Concremente, ein formloses Gemenge anorganischer und organischer Bestandtheile. Zwei von Fürstenberg analysirte Concretionen enthielten:

	Milchstein	Concrement
$CaCO_3$	92,30	55,98
$Ca_3(PO_4)_2$	2,78	17,45
Fett	0,93	2,69
Andere organische Substanzen	3,14	18,55
Wasser	0,85	5,83
Eisen, Alkalien	Spuren	Spuren

Aus Lewald's Versuchen an Ziegen geht hervor, dass auch verschiedene anorganische Arzneikörper in der Milch erscheinen können, so z. B. Eisen, Wismuth, Jod, Arsenik, Blei, Zink, Antimon, Quecksilber. Die Zeit, welche bis zum Auftreten dieser Substanzen verfliesst, ist eine verschiedene. Jod erschien erst in der Milch nach Verabreichung von 25 *g*, blieb aber 11 Tage hindurch nachweisbar; Arsenik als Fowler'sche Solution gereicht, trat schon nach 18 Stunden auf, Blei nach 18 bis 24 Stunden, ebenso Zink; Arsenik verschwand nach Verlauf von 60 Stunden.

Die **Gase der Milch** sind von Hoppe-Seyler, Setschenow, Pflüger untersucht worden. Letzterer fand in der Kuhmilch:

Auspumpbare CO_2	7,40 pCt.
Durch Phosphorsäure austreibbare CO_2	0,20 »
N	0,80 »
O	0,10 »

Den Sauerstoff enthält die Milch in Form von Ozon, denn versetzt man frische Milch mit etwas Guajaktinctur, so tritt sofort oder nach wenig Secunden eine mehr oder minder intensive Blaufärbung auf, welche nur durch die Anwesenheit von Ozon veranlasst sein kann. Gekochte Milch giebt diese Reaction nicht (C. Arnold).

Veränderungen der Physikalischen Beschaffenheit.

Milchgerinnung. Gegenüber anderen thierischen Secreten zeichnet sich die Milch durch eine Eigenschaft aus, die eine etwas eingehendere Besprechung verdient: Die Gerinnungsfähigkeit.

Unter Gerinnung ist eine Veränderung in der Gleichartigkeit der Milchflüssigkeit zu verstehen, welche sich durch Bildung eines weissen, »käsigen« Niederschlages in der ursprünglich homogenen Masse characterisirt. Das entweder durch Zusatz gewisser Reagentien oder auch spontan auftretende Coagulum, vulgo Käse, zeigt eine je nach der Art und Weise wie die Gerinnung herbeigeführt wurde, differente Beschaffenheit, so dass mit der Bezeichnung »Käse« nicht die Vorstellung einer einheitlichen chemischen Substanz zu verbinden ist.

Stuten- und Eselsmilch gerinnt in feinen Flocken, welche in der milchig getrübt bleibenden Flüssigkeit umherschwimmen. Kuh- und

Ziegenmilch etc. bildet auf Zusatz von Lab (siehe unten) eine weiche Gallerte; durch Säurezusatz entsteht ein Gerinnsel von groben Flocken, welche bei ruhigem Stehen zu derberen, compacten Massen zusammensintern und eine fast durchsichtige, nur leicht opalisirende Flüssigkeit auspressen (Milchserum, Molke). Eutererkrankungen führen fast in allen Fällen Gerinnung der Milch schon innerhalb des Euters herbei.

Von jenen Reagentien, welche Milchgerinnung bewirken, möge das Labferment (Chymosin) zuerst Erwähnung finden. Dasselbe wird von der Magenschleimhaut producirt und zwar wahrscheinlich von den Hauptzellen der Fundusdrüsen und den Pylorusdrüsenzellen. Digerirt man die Schleimhaut eines Labmagens z. B. mit 150—200 *ccm* 0,2 pCt. Salzsäurelösung 24 Stunden hindurch, filtrirt und neutralisirt sorgfältig, so erhält man eine kräftig wirkende Labfermentlösung. Mit 1 *ccm* eines derartigen Extractes können 30 *ccm* frischer Milch innerhalb 2 Minuten bei 36—38° C.*) zum Gerinnen gebracht werden. Die Lösung wirkt auch dann, wenn die Milch durch Zusatz von Natronlauge schwach alkalisch gemacht wird.

Dieser Versuch spricht entschieden für eine von Säurebildung unabhängige Wirkung des Labinfus und die Annahme, dass durch dasselbe zur Herbeiführung von Gerinnung unter allen Umständen Milchsäure aus Milchzucker gebildet werden müsse, ist hinfällig. Hammarsten, dem wir diese Aufschlüsse verdanken, befreite durch fractonirte Fällung das Labferment von anhaftendem Pepsin und fand dasselbe ohne jede Wirkung auf Milchzucker. Arbeitet man jedoch mit einem, an Lab sehr armen, langsam wirkenden, neutralisirten Labmagenextract, so beobachtet man dennoch regelmässig Milchsäurebildung vor Eintritt der Gerinnung. Setzt man dem Labinfus soviel Alkali zu, dass alkalische Reaction eintritt, so erfolgt zunächst keine Gerinnung (auch die fibrinlösende Wirkung ist aufgehoben), wohl aber Milchsäurebildung. Bereits 0,025 pCt. Na_2O sind genügend innerhalb 24 Stunden das Labferment zu zerstören. Es giebt also in der Magenschleimhaut ausser dem Pepsin und Labferment ein drittes, Milchsäure bildendes Ferment. Die Wirkung desselben kommt bei der Käsebildung nur in Ausnahmefällen zur Geltung und wenn Casein, wie dies möglich ist, durch die Milchsäure secundär ausgeschieden wird, ist dieses ein, mit jener durch Labferment veranlassten Käsebildung nicht identischer chemischer Process. — Die Wirkung des Labfermentes muss als eine, das Caseintricalciumphosphat zersetzende angesehen werden, bei welcher vermuthlich ein Acidalbuminat und eine andere Eiweissverbindung entsteht, welche phosphorsauren Kalk enthält. Bezüglich des Effectes der Labfermentwirkung ist es gleichgültig, ob die Lösung schwach sauer, amphoter oder schwach alkalisch reagirt, erheblichere Unterschiede in der Reaction fallen aber doch wesentlich in die Waagschale. Nach Söldner's Beobachtungen

*) Das Optimum der Labwirkung jener Fermente, welche in manchen Pflanzen enthalten sind (Ficusarten etc.) liegt bei ca. 100°.

hängt die Bildung des kalkreichen Gerinnungsproductes zum Theil ab von der Menge disponibler löslicher Kalksalze. Zusatz von Alkali vermindert den Vorrath an letzteren; die Folge davon macht sich als Verminderung der Gerinnungsfähigkeit der Milch geltend, während umgekehrt Säurezusatz den Gehalt an löslichen Kalksalzen und damit die Gerinnungsfähigkeit steigert.

Setzt man süsser Milch eine Lablösung zu, so beobachtet man längere Zeit vor dem Eintritt der Gerinnung äusserlich keine wahrnehmbare Veränderung. Unmittelbar vor dem Zeitpunkt der Gerinnung nimmt die Milch eine zähflüssigere Beschaffenheit an, welche soweit geht, dass man die in einem Reagensgläschen befindliche Masse umkehren kann, ohne Ausfliessen befürchten zu müssen. In diesem Stadium hat sich die Käsebildung schon vollzogen. Die nachfolgende Retraction des gallertartigen Gerinnsels, des »Bruches«, welche noch auf das Conto der Labwirkung gesetzt wird, führt zum Auspressen der Molke. Je kräftiger das Lab wirkt, desto rascher tritt die Retraction ein, um so weniger wasserhaltig erscheint dann der Käse.

Während man früher vielfach annahm, Lab bleibe bei der Entstehung des Käse selbst unverändert, wies A. Mayer nach, dass dies bei frisch geronnener Milch nicht oder nur in geringem Grade der Fall sei. Derselbe brachte frische Milch bei 37,5° zum Gerinnen, theils durch Lab in gewöhnlicher Weise, theils durch Vermittelung von Milch, welche bereits durch Lab geronnen war und fand für 0,5 *l* Milch auf Zusatz von 0,2 *ccm* Labextract 23 Minuten, für 0,5 *l* auf Zusatz von 0,5 *l* eben geronnener Milch 200 Minuten Gerinnungszeit. Hieraus lässt sich entnehmen, dass das Lab nach einmaligem Gebrauch so gut wie gar keine Wirkung besitzt, da die nach Ablauf mehrer Stunden eintretende Gerinnung auf nachträgliche Milchsäurebildung zurückzuführen ist.

Der bei der Gerinnung durch Labfermente entstehenden basischen Eiweiss-Calciumphosphatverbindung vindicirt Hammarsten das alleinige Anrecht auf die Bezeichnung »Käse«. Die Reactionen des Käse unterscheiden sich wesentlich von demjenigen Körper, welcher durch Einwirkung von Säuren aus der Milch ausgefällt wird, dem »Casein« der Autoren.

Casein lässt sich rein darstellen durch abwechselndes Fällen von verdünnter Milch (4faches Volumen Wasser) mit 0,075—0,1 pCt. Essigsäure und Wiederauflösen in möglichst wenig Natronlauge. Auf diesem Wege gewonnen, bildet Casein ein staubfeines, schneeweisses Pulver von stark saurer Reaction, vollständig frei von Kalkphosphaten. Im Vacuum getrocknet, kann man es, ohne Zersetzung befürchten zu müssen, auf 100° erhitzen. Mit kohlensaurem Kalk fein zerrieben und in Wasser aufgerührt, löst es sich unter CO_2-Entwickelung zu einer opalisirenden oder milchigen Flüssigkeit, aus welcher es mit Säuren wieder niedergeschlagen werden kann. Käse, in derselben Weise behandelt, löst sich kaum merkbar mehr als in destillirtem Wasser allein. Von Kalkwasser, kaustischen und kohlensauren Alkalien wird Casein sowohl, als auch Käse gelöst. Eine Lösung des Casein in Kalkwasser kann durch vorsichtigen Zusatz von verdünnter Phosphorsäure zu einer milchähnlichen Flüssigkeit neutralisirt werden,

ohne dass ein bleibender Niederschlag entsteht, während in Käse-Kalkwasserlösung sich ein reichlicher Niederschlag bildet. Am prägnantesten unterscheidet sich der Käse vom Casein durch seine Unfähigkeit in seinen Lösungen mit reinem Lab zu coaguliren. Casein in wenig Alkali gelöst, gerinnt unter Einwirkung von Labfermenten zwar ebenfalls nicht, selbst nach Neutralisiren mit Phosphorsäure, absolut sicher jedoch nach Auflösen in Kalkwasser und Neutralisiren mit Phosphorsäure. Hieraus geht gleichzeitig hervor, dass die Gerinnungsfähigkeit der Milch einzig und allein bedingt wird durch das Calciumphosphatcasein, aus welchem sich durch Lab und Säuren Käse resp. Casein abspaltet. Man wird die Frage aufwerfen können, gelingt es durch irgend ein Verfahren, die ursprünglich in der Milch enthaltene Caseinverbindung zu erhalten? Eine derartige Methode giebt es thatsächlich. Hammarsten schlägt folgenden Weg ein. 1 Volumen Milch und 2 Volumen einer gesättigten, aus gewöhnlichem Kochsalz bereiteten Kochsalzlösung werden gründlich gemischt, dann gepulvertes Kochsalz im Ueberschuss eingetragen und im Wasserbade auf etwa 36 bis 38° C. erwärmt. Binnen Kurzem entsteht ein flockiger, aus Calciumphosphatcasein und Fett bestehender Niederschlag, welcher durch entsprechende Nachbehandlung gereinigt werden kann. Aehnlich wirkt Alkohol. Dialysirt geht die Verbindung in Casein über, welches gänzlich rein auf diesem Wege jedoch nicht zu erhalten ist. Im Uebrigen cf. S. 42.

Bei spontaner Gerinnung der Milch beobachtet man in den meisten Fällen Säurebildung, und es unterliegt keinem Zweifel, dass die Entstehung der Milchsäure eine Folge der Einwirkung von geformten Fermenten ist, welche von Aussen her in die Milch gelangen und den Milchzucker umwandeln. Die auf fermentativem Wege entstandene Milchsäure fällt das Casein natürlich ebenso, als ob Säure zugesetzt wäre, unter Entziehung der Kalksalze. Mitunter gerinnt die Milch spontan oder beim Erhitzen ohne Säurebildung. C. Arnold schreibt die Ursache für diese Erscheinung einem dem Labferment ähnlich wirkenden Körper zu, welchen Hueppe in einem Mikroorganismus, dem Buttersäurebacillus, entdeckt hat. Anfangs ist der Verlauf der Gerinnung in solchen Fällen genau derselbe wie bei Labwirkung, nach und nach entstehen jedoch Peptone, wobei sich weiterhin ein bitterer Geschmack bemerklich macht. Bei übermässiger Arbeit tritt ebenfalls leicht beim Kochen Gerinnung, vielleicht in Folge des abnorm erhöhten Eiweissgehaltes, ein.

Gerinnungsproducte. Filtrirt man den Käse oder das Casein der geronnenen Milch ab, so gewinnt man ein Filtrat, welches in der wässrigen Flüssigkeit wechselnde, geringe Mengen von Eiweisskörpern, Fetten, reichlicherere Quantitäten von Kohlehydraten und Salzen gelöst enthält, das schon mehrfach erwähnte Milchserum oder die Molke. Aus dem Filterrückstand wird durch Auspressen etc. der als Nahrungsmittel verwendete Handelskäse (cf. S. 109) bereitet. Dass die Molken eine sehr wechselnde Zusammensetzung haben, ist ohne Weiteres klar, wenn man sich die verschiedene Zusammensetzung der Milch überhaupt und die verschiedenartige Bereitungsweise der Käse vergegenwärtigt. Man unterscheidet Süssmolken, bei Bereitung von Labkäse gewonnen und Sauermolken, von Sauermilchkäse herrührend. Verhältnissmässig eiweiss- und fettreiche Molke wird Ziegermolke oder

Käsemilch, eiweiss- und fettarme, Zieger-freie dagegen abgeschäumte Molke genannt.

Es variirt die Menge der einzelnen Bestandtheile der Molken nach den vorliegenden Analysen zwischen:

93,01—94,60	pCt.	Wasser
0,27— 1,13	»	Eiweiss
0,04— 0,43	»	Fett
4,39— 5,85	»	Milchzucker resp. Milchsäure
0,23— 0,82	»	Asche.

Drei von Manetti und Musso herrührende Aschenanalysen, an Asche von abgeschäumter Molke ausgeführt, ergaben im Mittel:

Gesammtasche der Molke 0,545 pCt.
Darin sind enthalten:

K_2O	— 30,44	pCt.
Na_2O	— 13,41	»
CaO	— 19,25	»
MgO	— 0,33	»
Fe_2O_3	— 0,55	»
SO_3	— 2,73	»
P_2O_5	— 17,05	»
Cl	— 15,75	»

Die Schwankungen des specifischen Gewichts der Molke variiren zwischen 1,028—1,030 (Mittel aus 60 Proben Vieth).

Erhitzen. Eine besondere Wichtigkeit hat das »Sterilisiren« der Milch gewonnen. Mit der Erkenntniss von der Möglichkeit der Uebertragung ansteckender Krankheiten durch die Milch auf die Consumenten, gleichviel ob Mensch oder Thier, ist die Erhitzung der Milch bis zu Siedetemperatur oder darüber hinaus (in besonders construirten Sterilisationsapparaten) als eine Nothwendigkeit erkannt worden, welche auch im Interesse der Aufzucht von Jungvieh Berücksichtigung finden sollte. Beim Erwärmen treten nun, abgesehen von der Vernichtung pathogener Mikroorganismen, Veränderungen in der Reaction, der Gerinnungsfähigkeit etc. ein. Milch mittlerer Acidität wird durch 5 Minuten langes Kochen noch nicht gerinnungsunfähig; die beim Erhitzen zunehmende Alkalescenz macht beim Abkühlen wieder amphoterer Reaction Platz. Längeres Stehen nach dem Kochen vermindert die Gerinnungsfähigkeit. Durch die vorangegangene Temperaturerhöhung ändert sich die Art des Gerinnungsproductes, welches nicht mehr als zusammenhängendes Gerinnsel, sondern als feinflockiges Coagulum erscheint. Anhaltendes Kochen verringert den Gehalt an den für die Labwirkung erforderlichen gelösten Kalksalzen und vermehrt die für die Gerinnung bedeutungslosen suspendirten Kalkphosphate, so zwar dass schliesslich Gerinnungsunfähigkeit die Folge ist (Söldner).

Durch vorsichtigen Zusatz von Säure wird die gekochte Milch wieder gerinnungsfähig. W. Raudnitz setzte zu je 50 *ccm* stark ge-

kochter Milch je 1,4—1,6—1,8 *ccm* $^1/_{10}$ Normal-HCl hinzu*), liess das Gemisch 1 Stunde stehen um die Wirkueg der Säure abzuwarten und prüfte dann mit gleichen Mengen von Labflüssigkeit bei 37°. Die erste Probe labte nach 24, die zweite nach 8, die dritte nach 6 Minuten. Vergleichende Stoffwechselversuche mit gekochter und ungekochter Milch ergaben eine ungünstigere Ausnutzung der N-haltigen Bestandtheile der gekochten Milch. Um diesen Uebelstand zu begegnen empfiehlt R. den Zusatz verdünnter Salzsäure zu sterilisirter Milch (einen Kaffeelöffel von Acid. muriat. dil. 4 : 100 aq. auf 200 *ccm* Milch). — Im zugeschmolzenen Rohr, bei 2—5 Atmosphären, erfolgt Coagulation, welche um so grossflockiger ausfällt, je grösser der Druck. Gleichzeitig macht sich eine durch Zersetzung des Milchzuckers veranlasste Bräunung bemerkbar, welche sich auch bei anhaltendem Erhitzen im offenen Gefäss einstellen kann.

Gefrieren. Vieth constatirte beim Gefrieren der Milch gewisse Eigenthümlichkeiten, wie dies bei einer Emulsion nicht anders zu erwarten ist. Der gefrorene Theil, locker zusammenliegende Eistäfelchen, schliesst die ungefrorenen nicht wässrigen Bestandtheile mechanisch ein. Durch Abseihen lassen sich letztere von den Eismassen mehr oder weniger vollständig trennen. Eiweiss, Zucker und Salze verbleiben vorzugsweise in dem flüssigen Antheil, während Fett dem Eise anhaftet und zwar im Allgemeinen in um so höherem Grade, je langsamer das Einfrieren vor sich ging.

Zusammensetzung der Milch.

Quantitativ stellt sich das mittlere Verhältniss der einzelnen in normaler Milch vorkommenden Bestandtheile folgendermaassen:

100 Theile Milch enthalten	Frauenmilch (Vernois u. Becquerel)	Kuh (Kirchner)	Stute (Kirchner)	Esel (Stefanelli)	Schaf (Kirchner)	Ziege (Kirchner)	Schwein (Scheven)	Hund (Ssubotin)
Wasser	89,0	87,5	90,5	90,8	82,5	87,2	85,5	77,76
Feste Stoffe . . .	11,0	12,5	9,5	9,2	17,5	12,8	14,5	22,74
Casein	} 3,9	3,3	1,2	} 1,9	5,1	2,8	} 8,5	5,20
Albumin		0,6	0,7		1,5	0,5		3,97
Fett	2,6	3,4	1,1	0,8	5,3	4,5	1,9	10,64
Milchzucker . . .	4,3	4,5	6,1	6,0	4,8	4,2	3,0	2,49
Salze	0,2	0,7	0,4	0,3	0,8	0,8	1,1	0,44

*) Dieser Zusatz bedingt keineswegs saure Reaction. Nach Escherich waren erst 8—9 *ccm* $^1/_4$-Normal-HCl auf 50 *ccm* Frauenmilch im Stande, bei Benutzung der Günzburg'schen Phloroglucin-Vanillin-Probe, die Reaction auf freie Salzsaure hervorzurufen, in 50 *ccm* Kuhmilch erst 15—16 *ccm* $^1/_4$-Normalsäure.

Die Frauenmilch ist deshalb zur Vergleichung mit herangezogen worden, weil die Milch der Hausthiere, namentlich Kuhmilch als Ersatz für Frauenmilch Verwendung findet. Die Zahlen von Vernois und Becquerel geben das Mittel aus 89 Einzeluntersuchungen, können daher wohl Anspruch auf möglichste Annäherung an die wirkliche mittlere Zusammensetzung machen, ähnlich wie die auf Kuh- etc. Milch bezüglichen Angaben von Kirchner, welche Mittelzahlen aus einer Reihe neuerer Analysen sind. Nach Angaben jüngeren Datums enthält die Frauenmilch 1 pCt. Eiweiss, 1,2 pCt. Fett, 6—8 pCt. Milchzucker und 0,25 pCt. Asche. Das Verhältniss des Eiweiss zu Milchzucker beträgt demnach in Frauenmilch ca. 1 : 6, in Kuhmilch 1 : 1,5. Aus diesem Grunde ist ein Verdünnen der Kuhmilch mit Wasser und etwas Zuckerzusatz in den Fällen rathsam, wo diese Milchsorte als Nahrung von Säuglingen in den ersten Lebenswochen benutzt wird. 1 Volumen Kuhmilch mit 2 Volumen einer 11procentigen Milchzuckerlösung verdünnt giebt eine Flüssigkeit mit 1 pCt. Eiweiss, 1,2 pCt. Fett, 8,9 pCt. Milchzucker, 0,2 pCt. Salz. Diese Mischung gerinnt in denselben feinflockigen Massen wie die Frauenmilch.

Die Schwankungen der Gesammttrockensubstanz der Kuhmilch bewegen sich zwischen 10 – 15 pCt., bei Stuten betragen sie 7,5 bis 17 pCt. (Soxhlet und Moser, Becquerel, Clemm), bei Eseln im Mittel 9,1—9,5 pCt. (Simon, Stefanelli, Péligot), bei Schafen 14,4—23,0 pCt. (Henry und Chevallier, Filhol und Joly), bei Ziegen 12,0—15,5 pCt. (Vernois und Becquerel), bei Schweinen 11,8 bis 17,1 pCt. (Lintner, Scheven), bei Hunden 17—24,5 pCt. (Ssubotin, Bensch). Diese nicht unerheblichen Unterschiede hängen von der Individualität und Rasse, vom Futter, der Lactationsperiode, vom Alter und noch einigen anderen Umständen ab. Von denselben Bedingungen lassen sich auch die vielfachen Aenderungen in dem gegenseitigen Verhältnisse der einzelnen Bestandtheile und der Gesammtquantität der producirten Milchmenge herleiten.

Abhängigkeit der Milch-Quantität und Qualität **von verschiedenen Bedingungen.** Sehr häufig findet man Gelegenheit zu beobachten, dass Thiere derselben Gattung und Race unter sonst gleichen Verhältnissen verschiedene Milcherträge resp. Milch von verschiedener Güte liefern. Derartige Erscheinungen lassen sich auf 1. individuelle Eigenschaften zurückführen, speciell auf Differenzen in der Secretionsthätigkeit der Milchdrüsen. Worin die angedeuteten Verschiedenheiten ihre nächste Begründung finden ist zur Zeit nicht bekannt. In gleicher Weise lehrt die Erfahrung, dass es innerhalb der einzelnen Thiergattungen grössere Gruppen von Thieren giebt, welche sich durch diese oder jene Merkmale von ihren Stammesgenossen auszeichnen, und zu diesem Racekennzeichen gehört auch Entwickelungsgrad der Michdrüse. Da die Milchbildung noch von anderen Verhältnissen, namentlich dem Futter abhängt, könnte man vermuthen, dass die Verschiedenartigkeit der gesammten Viehhaltung 2. den Einfluss der Race vortäusche; dem

ist aber nicht so. J. Lehmann verglich z. B. bei gleicher Fütterung die Zusammensetzung der Milch von Shorthorns und Holländern und fand in der Milch der ersteren Casein und Fett fast um je 1 pCt. vermehrt. Erwiesen ist, dass die meisten Niederungsracen, Holländer, Oldenburger, Angler, Breitenburger etc. relativ viel, aber eine an festen Stoffen und Fett ärmere Milch liefern, als die meisten Höhenracen, Allgäuer, Simmenthaler, Pinzgauer, Freiburger etc., welche weniger, aber eine an festen Stoffen und Fett reichere Milch produciren.

Der Fettgehalt der Milch beim englischen, schottischen, sowie beim Alpenvieh beläuft sich auf 4—4,5 pCt. (bei 13—14 pCt. Trockensubstanz), während bei den norddeutschen bezw. holländischen Racen der Fettgehalt 3—3,5 (bei 11—12 pCt. Trockensubstanz) beträgt.

Jedenfalls hängt Quantität und Qualität der Milch aber auch ganz wesentlich ab 3. von der Fütterungsweise. Steigerung der Eiweisszufuhr wirkt ganz energisch auf die Milchergiebigkeit und Erhöhung des Fettgehaltes ein. Für kleinere Wiederkäuer und Fleischfresser trifft dies, wie aus den Versuchen von Weiske bei Ziegen und von Ssubotin, Kemmerich an Hunden hervorgeht, unbedingt zu. Erhöhung der Eiweisszufuhr um 40 pCt. steigerte im ersteren Falle den Fettgehalt von 2,7 auf 3,1 pCt. Aus den fast gleichzeitig von Ssubotin und Kemmerich angestellten Versuchen ergiebt sich, dass bei reiner Fleischfütterung der Fettgehalt der Milch bis zu 10 pCt. betragen kann, während bei Ernährung mit Kohlehydraten der Gehalt der Milch an Eiweissstoffen und Fett (4,98 pCt. Fett) sinkt. Bemerkenswerth erscheint der relativ hohe Procentsatz an Kohlehydraten bei Fleischkost und ferner der Umstand, dass bei Fütterung mit Fett der Gehalt an Eiweissstoffen und Fett in der Milch so hoch bleibt, wie bei Verabfolgung von Fleisch. In Uebereinstimmung hiermit befindet sich die Angabe von Weiske, dass Beigaben von Oel oder Stearinsäure zu ärmlicher Kost, auch bei Ziegen, den Gehalt an festen Stoffen und Fett procentisch erhöht, während allerdings die tägliche Gesammtmenge an Fett gegenüber stark eiweisshaltiger Kost abnimmt, da die tägliche Milchmenge bei eiweissarmem Futter sinkt. Ebenso beobachtete Stohmann bei Ziegen Steigerung des procentischen Fettgehalts der Milch nach Zugabe von Oel zum Futter, eine Abnahme nach Entziehung des Futterfettes. Stärkemehl als Beifutter bewirkte in den Versuchen von G. Kühn keine Veränderung in der Milchproduction. Werden »äquivalente« Heuquantitäten durch Stärke oder Zucker ersetzt, so nimmt, weil das Nahrungseiweiss sich vermindert, der absolute und procentige Fettgehalt ab, die Milchmenge bleibt unverändert. Zur Erleichterung der Uebersicht über die einschlägigen Verhältnisse sind die von Ssubotin erhaltenen Werthe hierunter angegeben:

Milchbestandtheile	Nahrung		
	fettfreies Fleisch	Kartoffeln	Fett
Wasser	77,26	82,95	77,37
Feste Stoffe	22,74	10,75	22,63
Casein	5,20	4,25	5,92
Albumin	3,97	3,92	4,26
Fett	10,64	4,98	10,11
Zucker	2,49	3,42	2,15
Salze	0,44	0,48	0,39

Als passende Ergänzung zu obigen Versuchsresultaten können die von J. Munk an Ziegen bei Verringerung des Eiweissgehalts im Futter ermittelten Thatsachen angeführt werden. Demnach bewirkt eine verringerte Eiweisszufuhr in erster Linie eine Herabsetzung des Milchertrages überhaupt; die festen Stoffe sind nur in Bezug auf Milchzucker ärmer. Ausserdem wurde constatirt, dass sowohl der absolute wie der relative Salzgehalt steigt, wenn die Salzzufuhr im Futter erhöht wird.

Nicht ganz im Einklang hiermit stehen die von G. Kühn durch seine Fütterungsversuche an Rindern erlangten Resultate. Mit Erhöhung der Eiweisszufuhr soll der Trockensubstanzgehalt der Milch, der Casein- und Fettgehalt steigen, der Gehalt an Albumin und Zucker fallen. Herabsetzung des Futtereiweiss bewirke umgekehrt Steigerung des Zuckergehalts und Sinken des Caseingehalts und in etwas auch Sinken des Fettgehalts.

Von den zur Verfütterung gelangenden vegetabilischen Nahrungsmitteln beeinflusst die Milchproduction, speciell den Fettgehalt, am günstigsten feines Alpengras und Alpenheu; Klee-, Luzerne- und Esparsetteheu wirken ebenfalls sehr vortheilhaft, von den Getreidearten Hafer besonders, desgleichen Wurzeln und Knollen, wie Mohrrüben, Runkelrüben, Kartoffeln; Kohlrüben ertheilen der Milch einen unangenehmen Beigeschmack. Eine ähnliche nachtheilige, den Geschmack der Milch und der Milchproducte, hauptsächlich der Butter, beeinflussende Einwirkung vindicirt man den nicht entbitterten Lupinen, dem Haferstroh und den mit Laucharten untermischten Gräser; Wicken vermindern das Milchquantum.

Die Beschaffenheit der Milch richtet sich 4. nach der Lactationsperiode. Hierunter versteht man denjenigen Zeitraum, welcher sich vom Beginn der Secretion bis zum Versiegen der Milch erstreckt. Bei Stuten dauert diese Periode 5—7, selbst bis 9 Monate, bei Schafen und Ziegen 15—18 Wochen, bei Schweinen 10 Wochen,

bei Hunden und Katzen etwa 4—6 Wochen. Bei Kühen ist die Länge und die innerhalb derselben abgesonderte Menge der Milch eine sehr ungleiche. Während in allerdings seltenen Fällen die Milchsecretion bis zur Geburt des neuen Kalbes fortdauert, versiegt mitunter die Milch in verhältnissmässig kurzer Zeit nach dem Kalben. Gute Milchkühe geben durchschnittlich an 300 Tagen des Jahres Milch im Gesammtbetrage von 5—8000 *l* pro Jahr (Zwittauer »Liesel«, schwarze Jette); bei Kühen, welche nicht wieder trächtig geworden oder kastrirt sind, währt die Lactationsperiode meist länger, in Ausnahmefällen 2 bis 3 Jahre. Ostertag vermochte keinen bedeutenden Einfluss der Castration auf die Milchsecretion festzustellen, wohl aber auf die Mastfähigkeit. Nach dem Kalben erlangt die Milchproduction ihren Höhepunkt, um von da ab bis zum Trockenstehen beständig abzunehmen, doch giebt es auch in dieser Beziehung individuelle Verschiedenheiten. Manche Kühe liefern nach dem Gebären verhältnissmässig geringe Quantitäten, diese erhalten sich aber längere Zeit hindurch auf gleicher Höhe, als dies gewöhnlich der Fall ist. Die Abnahme des Milchertrages geht nicht allmählich, sondern, wie in Halle und Kiel beobachtet wurde, in mehr oder weniger deutlichen Absätzen vor sich. Auf der Station Kiel wog man von mehreren Versuchskühen während der Lactationsperiode nach jedem Melken das gewonnene Quantum und ermittelte bei einer guten und einer geringen Milchkuh von 465 *kg* resp. 455 *kg* Körpergewicht für je

161	Tage	im	Durchschnitt	pro	die	12,6 *kg*	Milch
91	»	»	»	»	»	10,3 »	»
92	»	»	»	»	»	6,1 »	»
Sa. 344	Tage	im	Durchschnitt	pro	die	10,3 *kg*	Milch

im zweiten Falle für je

42	Tage	im	Durchschnitt	pro	die	12,3 *kg*	Milch
140	»	»	»	»	»	9,6 »	»
56	»	»	»	»	»	4,1 »	»
Sa. 238	Tage	im	Durchschnitt	pro	die	8,0 *kg*	Milch.

Es wurden somit producirt von der ersten Kuh das 7,6 fache, von der zweiten das 4,6fache des Lebendgewichts innerhalb der angegebenen Lactationszeit. — Bei Ziegen ist die Milchergiebigkeit eine relativ bedeutendere, da dieselben das 10—12fache ihres eigenen Gewichtes an Milch liefern, in absoluten Zahlen, bei einem Durchschnittsgewicht von 35 *kg*, 350 *kg* Milch. Bei den Schafen des Lozère-Gebirges (Frankreich), sowie bei den Karpathenschafen, rechnet man für 1 *kg* Körpergewicht 4—7 *kg*, bei den friesischen Milchschafen sogar bis 14 *kg* Milch im Laufe des Jahres, während bei den meisten der heimischen Schafracen diese Erträge bei Weitem nicht erreicht werden. — Frühjahrsweidegang solcher Kühe, welche im Winter gekalbt haben, steigert die Milchmenge derart, dass man von einem »zweiten Milchwerden« spricht. Ganz allgemein ergiebt sich aus der Erfahrung, dass die natürliche

Abnahme des Milchertrages in Folge der Lactation durch zweckentsprechende reichliche Ernährung aufgehalten werden kann, wie dies aus einigen von Gsell erzielten Resultaten hervorgeht, welcher während eines vollen Jahres im Mittel erhielt durch

Schwyzer	13—14 *l*	pro die
Simmenthaler	12 *l*	» »
Vogelsberger	10—11 *l*	» »
Angler	9—10 *l*	» »

Erhaltung des Körpergewichts oder Zunahme während der Lactation giebt einen ungefähren Anhaltspunkt für die Zulänglichkeit des Futters. Das Maximum der täglichen Milchmenge kann bei vorzüglichen holländischen Kühen z. B. auf 30—35 *l* ansteigen; eine im Dutch Frisian Heerdbuch unter N. 1032 eingetragene Kuh »Sultana« (721 *kg* Lebendgewicht) lieferte als Höchstertrag 44,55 *l*.

Bezüglich der qualitativen Aenderungen der Kuhmilch während der Lactationsperiode sind die Meinungen noch getheilt. Schrodt's genaue und sorgfältige, 5 Jahre hindurch fortgesetzte Beobachtungen sprechen dafür, dass mit abnehmendem Milchertrage der Procentgehalt an Trockensubstanz und an Fett wachse. Die widersprechenden Versuchsresultate von Kühn, welcher eine Abnahme des Fettgehaltes in zwei Fällen constatirte, gestatten eine endgiltige Schlussfolgerung nicht. Bei Ziegen, deren Tagesertrag ca. 1,7 *l* beträgt, verringert sich nach Stohmann mit wachsender Lactationszeit der Caseingehalt etwas, hält sich dann eine Zeit lang constant, um später nicht unbedeutend anzusteigen. Der Fettgehalt sinkt im Allgemeinen mit der Zeit. Nach Vernois und Becquerel nimmt bei der Frauenmilch der Casein- und Fettgehalt bis zum zweiten Monat nach der Geburt zu, dagegen der Zucker schon im ersten Monat ab. Im 5.—7. Monat vermindert sich auch das Fett, das Casein erst vom 9. oder 10. Monat. Der Salzgehalt steigt in den ersten 5 Monaten, um in den folgenden progressiv herabzusinken.

Die Unterschiede in der Menge und Zusammensetzung der Milch, welche man 5. bei dem Gemelk verschiedener Tageszeiten (Früh, Mittags, Abends) zu constatiren in der Lage ist, beruhen lediglich auf dem Einfluss, der seit dem letzten Melken verflossenen Zeit. Je kürzer die Zwischenzeit, desto grösser der Procentgehalt an Fett und Trockensubstanz, desto geringer jedoch die Quantität. Deshalb ist bei zweimaliger Melkzeit (Früh und Abends) wegen der ungleichen Zwischenzeiten die Abendmilch gehaltreicher, hingegen die Quantität der Morgenmilch um etwas reichlicher. Im Mittel beträgt die früh ermolkene Menge 3,26—3,75, die der Abendmilch 3,21—3,63 *kg*. Der Tagesertrag lässt sich durch mehr als zweimaliges Melken steigern und zwar um 12—20 pCt., wobei die Gesammtmenge an Trockensubstanz nicht in demselben, sondern in noch höherem Maasse, um 20—25 pCt. zunehmen und eine Vermehrung des Fettgehaltes allein um 20—23,5 pCt. statt-

finden kann. Die Differenzen in der Production stellen sich demnach gewöhnlich derart, dass täglich

bei dreimaligem Melken	12 *kg* Milch,	1,50 *kg* Trockensubstanz,	0,42 *kg* Fett
» zweimaligem »	10 » »	1,20 » »	0,34 » »

Ausbeute erhalten wird. Etwas Aehnliches macht sich bemerklich, wenn man ein Gemelk in getrennten Portionen auffängt und analysirt. Stets enthalten die zuletzt gewonnenen Quantitäten mehr Fett als die Anfangsmilch. Um zu ermitteln, ob noch andere Bestandtheile ausser Fett sich an der Zunahme in den letzten Portionen betheiligen, untersuchte Schmidt-Mühlheim die Milch einer holländischen Kuh; es wurde nur das Secret der milchergiebigeren Hinterstriche, welche in einem Gemelk etwa 3 *l* gaben, aufgefangen und zwar die ersten und letzten 500 *ccm* gesondert. Im Mittel aus 4 Versuchen wurde gefunden:

In der ersten Portion:		In der letzten Portion:	
Fett	0,70 pCt.	Fett	4,73 pCt.
Casein	2,26 »	Casein	2,23 »
Albumin	0,31 »	Albumin	0,24 »
Pepton	0,11 »	Pepton	0,12 »
Zucker	5,13 »	Zucker	5,21 »
Asche	0,69 »	Asche	0,69 »

Diese Ermittelungen sind mit der Annahme, dass während des Melkens eine gehaltreichere Milch gebildet werde, nicht recht vereinbar, weil alsdann nicht nur der Fettgehalt, sondern auch die übrigen festen Bestandtheile vermehrt sein müssten; es scheint vielmehr die Anschauung Boussingault's, der sich auch F. Hofmann anschloss, zutreffend zu sein, nach welcher das Fett beim Hindurchgehen durch die feinsten Milchausführungsgänge an den Wänden der letzteren festgehalten wird. Die Fetttröpfchen fliessen deshalb nicht mit derselben Schnelligkeit und Gleichmässigkeit in den Milchgängen fort, wie die übrigen Bestandtheile der Milch. Wie leicht einzusehen, reicht diese Erklärung auch aus, um den grösseren Fettgehalt der Abendmilch begreiflich zu finden. Man könnte nämlich versucht sein, die Tags über auch bei Stallhaltung nicht auszuschliessende, jedenfalls gegenüber der Nachtruhe in höherem Grade vorhandene Muskelthätigkeit als Ursache für die Vermehrung der Trockensubstanz (bei gleichzeitiger Abnahme der Menge [Fleischmann]) zu betrachten, dies widerspricht aber den heutigen Anschauungen über den Einfluss der Bewegung.

6. Mässige Bewegung führt nach den von H. Munk an einer Heerde von 30 Kühen angestellten Milch- etc. Messungen, nicht nur nicht eine Abnahme, sondern sogar eine Zunahme des täglichen Milchertrages herbei und zwar sowohl an Wasser als auch an Butterfett und Casein. Andererseits ist und bleibt es ausser Zweifel, dass durch erhebliche Bewegung der Thiere die Milchmenge kleiner wird. Beides lässt sich leicht erklären. Erhöhte Muskelthätigkeit führt unmittelbar eine Abnahme der Milchmenge herbei, in Folge einer gesteigerten Blut-

zufuhr zu den Muskeln und Ablenkung des Blutstromes von der Drüse; durch mässige Bewegung können mittelbar Veränderungen in der Athmung, Verdauung etc. eintreten, welche die Milchergiebigkeit günstig beeinflussen.

Ferner giebt 7. das Alter der Milchkühe einen wichtigen Factor ab, welcher für die Milchproduction zu berücksichtigen bleibt. Ganz allgemein gilt der Satz, dass, so lange ein Thier noch im Wachsthum begriffen ist, die Leistungen seitens der Milchdrüsen geringere sind, als später nach Ablauf weiterer Geburten. Der Höhepunkt der Entwickelung fällt bei Rindern gewöhnlich in das 6.—8. Lebensjahr, zu welcher Zeit, nach dem 4.—6. Kalbe, dieselben auch auf der Höhe des Milchertrages angekommen sind, um von da mit zunehmendem Alter allmählich im Ertrage wieder zurückzugehen. Je nach der Haltung und der Individualität der Kühe, erleidet diese Regel vielfach Ausnahmen. Folgende Tabelle, nach den von Holst-Labedow herrührenden Mittheilungen entworfen, begründet die oben gemachten Angaben.

Alter in Jahren	Milchertrag in Liter pro anno von					
	Holländer Nr. 14	Holländer Nr. 15	Ostfriesen Nr. 19	Amsterdamer Nr. 2	Holländer Nr. 11	Ostfriesen Nr. 1
3	—	—	—	—	4173	—
4	3333	—	3463	—	4752	—
5	3321	4390	3355	—	**5382**	—
6	4139	4001	4448	**5505**	5095	—
7	**4322**	**4471**	**4895**	5061	**5267**	**5459**
8	4127	4184	4356	5038	4614	4858
9	3488	3321	—	—	—	4623
10	—	3206	—	4334	—	—
11	—	—	—	2943	—	4013

In qualitativer Beziehung sprechen einige Beobachtungen für eine Abnahme des Gehalts an Milchbestandtheilen mit zunehmendem Alter (Horsfall). Es findet hierin eine gewisse Uebereinstimmung mit dem Verhalten der menschlichen Milch statt, für welche des Genaueren eine vorwiegende Abnahme des Buttergehaltes constatirt ist. Am grössten stellt sich der Gehalt an festen Stoffen (13 pCt.) bei Frauen von 15 bis 20 Jahren, am geringsten (10,5 pCt.) bei Frauen zwischen 35—40 Jahren.

Milchsecretion.

Dass die Milch kein einfaches Bluttranssudat ist, braucht im Hinblick auf die durchgreifende Verschiedenheit in der Zusammensetzung des Blutes und der Milch nicht besonders hervorgehoben zu werden.

Die Drüsenepithelien sind die mikroskopischen Werkstätten, deren Thätigkeit, welche sich durch bestimmte Einflüsse regelt, wir die Entstehung dieses nährenden Fluidums ausschliesslich verdanken. Bezugsquelle für das zur Verarbeitung bestimmte Rohmaterial ist, wie für alle übrigen Secrete, das Blut unter Vermittelung der Lymphgefässe (Coyne, Kolessnikow, Rauber). Jene Ansicht, nach welcher die Drüsenzellen ohne Verlust an Substanz zu erleiden lediglich eine Umwandlung des vom Blute gelieferten Materials bewirken sollten (Stricker, Langer), kann wohl als vollkommen aufgegeben betrachtet werden, indess wird man nicht umhin können, für bestimmte Verhältnisse einen directen Uebertritt von Stoffwechselproducten (Fett bei Pflanzenfressern z. B.) aus dem Blut zuzugestehen. Heidenhain's eingehende Untersuchungen an den Milchdrüsen der Fleischfresser verschaffen uns nähere Aufschlüsse über die Rolle, welche den Drüsenzellen bei der Milchbildung zugetheilt ist. Unterwirft man Drüsenschnitte mikroskopischer Betrachtung, so zeigen dieselben nicht unter allen Umständen eine übereinstimmende Structur. Der jeweilige Zustand, in welchem man die Mehrzahl der Alveolen in derselben Drüse findet, hängt ganz wesentlich von zwei Bedingungen ab: von der Entleerung der Drüse durch das Saugen und zwar von dem Grade und der Häufigkeit des Saugens einerseits und von dem Ernährungszustande der Thiere andererseits.

Bei gewöhnlicher zureichender Diät zeigen die einschichtigen*) Epithelien mittlere Höhendimension, wenn einige Zeit nicht gesaugt worden ist. Die Zellen erscheinen niedrig cylindrisch oder cubisch, mit runden Kernen, an dem freien Ende mit eingelagerten, oft frei aus ihnen hervorragenden Fetttropfen in mässiger Zahl, die nach dem Lumen zugewendeten Plasmaränder der Zellen vielfach unregelmässig ausgefranzt.

Werden die Thiere sehr reichlich ernährt und geschieht das Absaugen der Milch ungewöhnlich häufig, so findet man während der Pausen des Saugens die Zellen im Zustande höchsten Wachsthums. Alle Zellen haben sich nach dem Lumen hin stark verlängert und sitzen bald mit breiter Basis der Alveolarwand auf, bald mit einem schmalen Fortsatz, der sich nach innen in den breiteren cylinderzellenähnlichen Plasmaleib fortsetzt. Nicht selten bemerkt man in den Zellen 2 bis 3 Kerne hintereinander, Fetttropfen in ähnlicher Lage wie bei dem vorherigen Stadium und vereinzelt in Abschnürung begriffene kernhaltige Plasmatheile.

Unmittelbar nach dem Absaugen erscheinen die stark abgeflachten Zellen als schmaler Protoplasmasaum der Alveolarwand mit ovalen Kernen und kaum sichtbaren Zellgrenzen, ebenfalls Fetttröpfchen enthaltend; im Alveolarinnern liegen, in körnige Caseingerinnsel eingebettet,

*) Die voll entwickelte Drüse sämmtlicher Hausthiere trägt einschichtiges Alveolarepithel. Beim Meerschweinchen fand E. Coen drei Tage nach dem Wurf Acini mit zwei oder drei Epithelschichten, zum Theil auch solche, deren Lumen mit cubischen Zellen vollkommen ausgefüllt war.

zahlreichere Fetttropfen, hier und da eine mattgranulirte kernhaltige Zelle.

Es geht hieraus hervor, dass der dem Lumen zugekehrte Zelltheil sammt dem in ihm enthaltenen Fett für die Secretbildung zur Verwendung gelangt. Sind in dem sich abstossenden Theile der Zelle Kerne vorhanden, so gehen auch diese in das Secret über. Das Kernnetz des dem Lumen zunächst gelegenen Nucleus ist, wie Nissen fand, verschwunden, die chromatische Substanz peripher zurückgezogen und in mehrere bogenförmige Segmente zerlegt, welche nach vollendeter Abschnürung auseinander fallen und sich in Gerinnsel auflösen. Durch diesen Vorgang gelangt Nuclein in das Secret und trägt in einer noch nicht näher aufgeklärten Weise zur Caseinbildung bei. Dähnhardt's Erfahrungen nach hat es den Anschein, als ob die Caseinbildung durch Vermittelung eines aus dem Milchdrüsenparenchym durch Glycerin extrahirbaren Fermentes vor sich gehe. Das Zellplasma, welches im Beginn der Abschnürung um den die Chromatinzerklüftung zeigenden Kern sich in heller ringförmiger Schicht verdichtet hatte, löst sich ebenfalls in der Milch, die Fetttropfen werden frei. Oft hängt ihnen noch auf einer Seite ein Stück des Zellleibes kappenartig an, um schliesslich auch durch Lösung zu verschwinden.

Unter gewöhnlichen, naturgemässen Umständen wachsen während der Saugpausen die Zellen heran und speichern Fette und Eiweiss auf, unter mässiger Secretbildung während der Pause. Für die Secretbildung im Ruhezustand der Drüsen spricht der Umstand, dass nach vollständiger Entleerung durch Saugen oder Melken allmähliche Füllung erfolgt. Das Wachsthum der nach dem Absaugen abgeflachten Epithelien erklärt sich durch eine Uebercompensation des bei der allmählichen Secretbildung eintretenden Verlustes. Je energischer und häufiger die Jungen dem Sauggeschäft obliegen, desto mehr überwiegt die Wachsthumsmetamorphose den in der Pause durch Milchbildung herbeigeführten Materialverlust.

Ausserdem lehrt die starke Einschmelzung des Zellplasma während des Saugens, dass — vielleicht reflectorisch durch Nerveneinfluss (»Zuschiessen« der Milch beim Anlegen der Kinder, »consensuelles« Abträufeln von Milch, wenn die Nachbarkuh gemolken wird oder das Kalb in die Nähe kommt) — die Secretbildung eine beschleunigte ist, ohne dass man deshalb qualitative Unterschiede des Secretes des grösseren Fettgehalts der zuletzt abgemolkenen Portionen wegen zu statuiren braucht, da zur Erklärung hierfür die früher bereits erwähnte, auf mechanischer Grundlage beruhende Theorie ausreicht. Findet keine Entleerung des angesammelten Secretes statt, so hört schliesslich die Secretbildung und damit auch die Regeneration des Alveolarepithels auf.

Viele Forscher älterer und neuerer Zeit: Nasse, Reinhard, Meyer (Zürich), Kölliker, Will, van Bueren, Kehrer, Kolessnikow, Schmid hatten sich, bevor Heidenhain's Beobachtungsresultate ver-

öffentlicht waren, der Ansicht zugeneigt, dass die festen Milchbestandtheile durch in toto abgestossene und der fettigen Degeneration anheimfallenden Epithelien geliefert würden.

Coen nimmt in dieser Beziehung eine vermittelnde Stellung ein. Derselbe lässt während der Milchsecretion sowohl eine Proliferation eines Theils der Epithelien im Heidenhain'schen Sinne stattfinden, gleichzeitig aber eine Abstossung anderer Cellen, deren Protoplasma und Kern später eine fettige Degeneration erleide. Der Verlust der letztgenannten Formelemente werde durch rasche Proliferation benachbarter Epithelien, in deren Kernen karyokinetische Figuren (von Bizzozero und Vassale ausserordentlich selten gefunden) auftreten, baldigst gedeckt. — Winkler und Rauber vindiciren den in die Alveolen eingewanderten Lymphkörperchen (von Stöhr, v. Brunn, Partsch, Barfurth unter der Bezeichnung Plasmazellen, von Ehrlich als Mastzellen erwähnt) bei der Colostrum- resp. Milchbildung eine hervorragende Rolle. Gegen diese Meinung führt Coen die Abnahme der Zahl der Leucocyten in den Acinis am Ende der Tragezeit und während der Lactationsperiode ins Feld, ohne grade die Mitbetheiligung derselben gänzlich in Abrede zu stellen.

Da es sonach im Allgemeinen feststeht, dass die Drüsenzellen sich an der Bildung specifischer Milchbestandtheile betheiligen, bleibt noch die Frage zu erörtern, innerhalb welcher Grenzen dies geschieht.

Dass Fett von den Milchdrüsenzellen nach den Alveolen hin abgegeben wird, lehrt die mikroskopische Untersuchung direct. Es lässt sich aber, für Pflanzenfresser wenigstens, der Nachweis erbringen, dass dieses Fett nicht ausschliesslich durch Fettmetamorphose des Drüseneiweiss entstanden sein kann. Eine von C. Voit untersuchte Kuh schied in 6 Tagen 2,024 *kg* Fett in der Milch aus und zersetzte in derselben Zeit insgesammt 3,602 *kg* Eiweiss, wie dies aus dem N-Gehalt der Excrete hervorging. Berechnet man die Fettquantität, die innerhalb des Körpers aus der Summe des zersetzten Eiweiss überhaupt entstehen könnte, so erhält man 1,851 *kg* Fett, es muss also ein Uebergang von Fett, herrührend von der Nahrung, sozusagen direct aus dem Blute in die Milch zweifellos stattfinden, welche Anschauung auch durch die Fettfütterungsversuche bei Ziegen gestützt wird. Im Allgemeinen sind jedoch die täglich in der Milch ausgeschiedenen Fettmengen in hohem Grade unabhängig von der Menge des Nahrungsfettes und letzteres erlangt erst dann besondere Wichtigkeit, wenn die Albuminate der Nahrung zur Erhaltung des Eiweissbestandes am Körper und für das Eiweissbedürfniss der Milchdrüse zur Fettproduction ungenügend werden. Wesentliche Unterschiede bedingt ferner die Individualität. Kirchner fütterte eine Simmenthaler, eine ostfriesische und eine Jersey-Kuh in genau gleicher Weise und erhielt Milch, welche einen Fettgehalt von 3,8—2,0 resp. 5,9 pCt. besass. Ein unmittelbarer Uebergang von Nahrungsfett in das Secret, vollzieht sich sicher nur unter

besonderen Umständen*) und vermuthlich nicht in zu grossem Umfange.

Worauf ist aber die Entstehung des Milchzuckers zurückzuführen? Diese Frage lässt sich nicht ohne Weiteres entscheidend beantworten. Auf reine Fleischdiät gesetzte Carnivoren haben in ihrer Milch einen erheblichen Zuckergehalt (Ssubotin etc.), für dessen Entstehung höchst wahrscheinlich Eiweisskörper das Material abgeben. Bei Pflanzenfressern tragen zur Milchzuckerbildung zweifellos noch andere in der Nahrung enthaltene Substanzen bei.

Eine Stütze für diese Ansicht gewährte der von Lami angestellte (1½-tägige) Hungerversuch. Die Milch enthielt:

	Trockensubstanz	Fett	Milchzucker	Eiweiss u. Salze
Normal . . .	13,6 pCt.	4,4 pCt.	5,0 pCt.	4,2 pCt.
bei Hunger .	14,3 »	4,15 »	3,9 »	6,25 »

Der Zuckergehalt hat eine nicht zu bestreitende Verringerung erfahren, die Milch nähert sich demnach der Carnivorenmilch, da gleichzeitig eine Eiweisszunahme stattfindet. Ebenso fand J. Munk bei der Ziege nach Verkürzung des Futters (150 *g* Weizenkleie wurden pro die weniger gereicht) eine Abnahme des Milchzuckers in je einem dreitägigen Zeitraum, von 24,77 *g* auf 14,35 *g*, entsprechend einer Differenz von 42 pCt.; ein Verlust, welcher die Abnahme der übrigen Stoffe bedeutend übertraf. Ob nun grade die Verminderung der Eiweisszufuhr im vorliegenden Falle für diese bedeutende Zuckerabnahme verantwortlich zu machen ist, scheint im Hinblick auf die Ermittelungen von A. Müntz einer erneuten Prüfung zu bedürfen. Müntz begann seine Untersuchungen über Milchzuckerbildung mit dem Studium jener Pflanzenstoffe, welche mit Salpetersäure Schleimsäure zu liefern im Stande sind, eine Eigenschaft, welche dem Milchzucker bekanntlich auch zukommt; es gelang ihm, aus jenen pflanzlichen Producten, denen diese Reaction eigenthümlich ist, den Gummi-, Pflanzenschleim- und den Pectinkörpern, bei Behandlung mit heisser, sehr verdünnter Schwefelsäure eine Zuckerart zu erhalten, die mit der aus Milchzucker ebenfalls darstellbaren Galactose identisch war. Der Gehalt derartiger Substanzen in den Pflanzen ist nach Müntz so gross, dass man sogar den gesammten Milchzuckergehalt der Milch bei Pflanzenfressern aus dieser Quelle ableiten könnte. (cf. Galactane S. 60.)

Casein, welches sonst nirgends im Thierkörper sich vorfindet, verdankt wohl ausschliesslich seine Entstehung der Umwandlung von circulirendem Eiweiss durch die Drüsenzellen. Letztere nehmen dasselbe aus dem Blut resp. den Lymphgefässen auf, um es bei ihrem partiellen Zerfall zur Caseinbildung zu verwerthen. Kemmerich demonstrirte die Möglichkeit der Caseinbildung auf Kosten der übrigen, in der Milch enthaltenen Eiweisskörper durch Erwärmen der Milch und nimmt eine Umwandlung des gesammten Albumins in Casein durch

*) Näheres hierüber bei »Milchfutter«.

Kochen an, weil er gefunden hatte, dass aus gekochter Milch das gesammte Eiweiss durch Essigsäurezusatz gefällt wird. Ob es sich wirklich hierbei um eine Caseinbildung aus Albumin etc. handelt, bleibt noch fraglich. Eugling constatirte eine durch Erhitzen der Milch veranlasste Wanderung der Phosphorsäure, von den im Serum enthaltenen Alkaliphosphaten an das Tricalciumphosphatcasein. Zur Bildung von Alkalialbuminaten aus dem Albumin, wäre somit ausreichende Gelegenheit geboten und ein Ausfällen derselben mit dem Casein in Folge des nach dem Kochen eingetretenen Mangels an Alkaliphosphat bei Essigsäurezusatz nicht undenkbar, denn nur bei Gegenwart von phosphorsaurem Alkali bleiben Albuminate nach dem Neutralisiren in Lösung.

Nicht ohne Interesse für Beurtheilung der Intensität der Drüsenzellenthätigkeit ist die Berechnung derjenigen organischen Milchbestandtheile, welche im Laufe eines Tages mit der Milch aus einem Kuheuter entfernt werden. Bei einer Tagesmenge von 25 *kg* Milch ergiebt sich eine Ausfuhr an organischer Substanz zu 2,5 *kg* unter Voraussetzung eines Gehaltes von 10 pCt. an Eiweiss, Fett und Zucker. Das höchste Gewicht des Euters beträgt nach Fleischmann 4,8 *kg* mit 24,2 pCt. Trockensubstanz. Insgesammt disponirt das Euter sonach über 1,16 *kg* fester Bestandtheile. Mithin müsste die Drüse im Laufe eines Tages sich 2,09mal erneuern, vorausgesetzt, dass dieselbe nur aus secernirenden Zellen bestände und letztere ausschliesslich die organischen Substanzen durch ihren Zerfall lieferten. — Bei Entnahme einer Milchmenge von 25 *kg* = 24 *l* würde ferner, dreimaliges Melken vorausgesetzt, in jedem einzelnen Falle das Gemelk 8 *l* durchschnittlich betragen. Das Gesammtvolumen des Euters beträgt 6700 *ccm*, wovon 45 pCt. auf die Hohlräume (Alveolen, Milchgänge etc.) zu rechnen sind. Die Binnenräume würden demnach nur 3015 *ccm* Milch zu bergen im Stande sein, ein Umstand, der, wenn er auch nur annähernd zutreffen sollte, sehr zu Gunsten der Secretbildung während des Melkens spricht.

Ein derartiger Einfluss des Saugens oder Melkens auf die Milchbildung lässt sich verstehen, wenn man die anregende Thätigkeit der Drüsennerven berücksichtigt. Ergaben auch die Durchschneidungsversuche Eckhard's, an Ziegen ausgeführt, kein positives Resultat, so gelangte Röhrig unter Zuhülfenahme gleichzeitiger Reizungen der durchschnittenen Nerven zu etwas günstigeren Ergebnissen.

Die Nerven des Ziegeneuters stammen, abgesehen von dem die Haut versorgenden N. ileo-inguinalis vom Spermaticus externus. Ein Ramus superior verliert sich in der Bauchmusculatur und der Ramus medius giebt an der Basis der Drüse 3 Zweige ab: 1. einen kleinen Ast, welcher die Art. pudenda externa begleitet und sich in deren Wandungen auflöst; 2. den stärkeren Ramus papillaris zur Zitze; 3. einen oder zwei Rami glandulares zur Drüsensubstanz selbst, die sich an den grösseren Milchgängen an der Milchcysterne und dem Hauptausführungsgang verbreiten. Der Ramus inferior zwischen Art. und Vena pudenda verlaufend, ist wiederum Gefässnerv.

Zunächst wurde festgestellt, dass die Absonderungsgeschwindigkeit des tropfenweise abfliessenden Secretes ohne Beeinflussung durch äussere Eingriffe einen stetigen und regelmässigen Verlauf zeigte, wenn der nach Einführung eines Milchkatheters anfänglich beschleunigte Secretionsstrom nach etwa 15 Minuten sich etwas verlangsamt hatte.

Durchschneidung des Ramus papillaris bewirkt Erschlaffung der Zitze, Reizung des peripheren Nervenendes, Erection der Brustwarze ohne Beschleunigung der Absonderungsgeschwindigkeit. Der Papillarast ist demnach als motorischer aufzufassen, führt aber auch sensible Fasern, denn nach Reizung des centralen Stumpfes tritt vermehrte Absonderung (durch Reflex) ein. Der Ringmuskel, welcher den Strichkanal am Ende abschliesst, befindet sich in tonischer Contraction.

Starke Entwickelung desselben bei engem Strichkanal veranlasst »Hartmelken«, während seine Lähmung Abträufeln oder Abfliessen der Milch auch bei nicht überfülltem Euter bewirkt.

Trennung des Ramus glandularis oder des gesammten medius vor der Theilung in die beiden ersten Zweige, hatte eine augenblickliche, erhebliche Verminderung der Milchausscheidung zur Folge, Reizung des peripheren Stückes eine Beschleunigung. Röhrig hält deshalb den Ram. glandularis für den motorischen Nerven der glatten Musculatur der Milchgänge. Der Ramus inferior soll den Haupteinfluss auf die Secretion ausüben, da sich nach Durchschneidung desselben eine ausserordentliche, mitunter 20fache Beschleunigung einstellt (Vermehrung des Druckes in den Drüsencapillaren nach Aufhebung des Gefässtonus) und nach peripherer Reizung die Absonderung sistirt (Druckverminderung in den Capillaren bei Gefässcontraction). Dieselbe Abhängigkeit der Secretion vom Blutdruck ergab sich auch in jenen Fällen, in welchen durch intravenöse Injection von Strychnin, Digitalin, Coffein oder Pilocarpin bei Steigerung des Aortendrucks Vermehrung der aus dem Euter abfliessenden Milchmenge, durch Injection von Chloralhydrat unter Druckerniedrigung eine Verminderung eintrat. Heidenhain macht diesen Versuchen gegenüber das Bedenken geltend, dass möglicherweise die Turgescens in den Gefässgebieten des Euters mechanisch auf die Austreibung des Secretes eingewirkt haben könne. Walentowicz, welcher an Schafen und Ziegen die Röhrig'schen Versuche wiederholte, bestreitet den Einfluss des N. spermat. ext. Partsch constatirte nach Durchschneidung desselben bei curarisirten Hunden erhebliche Beschleunigung der Secretion.

Colostrum (Biest-Milch, Beest-molk).

Eine von der gewöhnlichen Kuhmilch abweichende Beschaffenheit zeigen die nach dem Kalben zuerst abgemolkenen 3—4 *l.* Dieselben sind von gelblichweisser oder röthlichbrauner Farbe und schwach salzigem Geschmack, besitzen zähe Beschaffenheit, ein specifisches Gewicht von 1,040—1,080 und reagiren in der Regel sauer. Beim Erhitzen dieses als Colostrum bezeichneten Secrets gerinnt es zu einem Kuchen; Lab

ist ohne Einwirkung. Das Aufrahmen vollzieht sich sehr langsam; nach längerem Stehen tritt unter Bildung einer röthlich opalisirenden Molke Gerinnung ein, wobei sich leichte Gasentwickelung bemerklich macht.

Durch die genannten Eigenthümlichkeiten zeichnet sich aber nur das Colostrum des ersten Melkens aus. Jede folgende Milchentnahme liefert Producte, die sich mehr und mehr der gewöhnlichen Milch nähern. Nach 3 Tagen pflegt die Milch älterer Kühe beim Kochen keine Albuminflocken mehr abzuscheiden, bei jüngeren Thieren tritt dieser Uebergang vom Colostrum zur Milch meist erst nach 6—7 Tagen, bei schlechten Milchkühen und Primipharen mitunter nach 14 Tagen ein.

Der im Colostrum enthaltene Zucker ist nicht Milchzucker, sondern wahrscheinlich Traubenzucker, vielleicht auch Galactose. Das Fett unterscheidet sich von dem der gewöhnlichen Milch durch Geruch, Geschmack, Consistenz und höherem Schmelzpunkt (40—44°); durch Butter lässt es sich nicht gewinnen. Lecithin findet sich in solcher Menge, dass Colostrum zur Darstellung dieses Körpers benutzt werden kann. Cholesterin kommt gleichfalls vor.

Unter den Eiweisskörpern ist Albumin in überwiegender Menge vertreten, ferner etwas Globulin und etwa 2 pCt. Nuclein. Ausserdem sind noch Eiweisskörper vorhanden, welche weder durch Säure, noch durch Lab oder Kochen, sondern nur durch Alcohol oder Gerbsäure gefällt werden. Von anderen N-haltigen Producten konnte Eugling Harnstoff nach Verdampfen im Vacuum durch Oxalsäurezusatz gewinnen.

Die Asche des Colostrum zeichnet sich durch einen hohen Phosphorsäuregehalt aus (bis zu 41,43 pCt.), ebenso ist der Calciumgehalt, nach Schrodt auch der an Magnesium, erheblich vermehrt, Kali und Natron vermindert. Auf der Anwesenheit der relativ hohen Magnesiumquantitäten soll die abführende Wirkung des Colostrum beruhen.

Quantitativ enthält die zuerst abgemolkene, in einem speciellen Falle auch in späteren Zeiträumen untersuchte Milch (Eugling):

Bestandtheile	Aus 22 Analysen			Colostrum einer 8jährigen Kuh				
				Stunden nach dem Kalben				
	Mittel	Maximum	Minimum	Sofort	10	24	48	72
Wasser	71,69	67,43	75,66	73,17	78,77	80,63	85,81	86,64
Trockensubstanz	28,31	32,57	24,34	26,83	21,23	19,37	14,19	13,36
Casein	4,83	7,14	2,64	2,65	4,28	4,50	3,25	3,33
Albumin	15,85	20,21	11,18	16,56	9,32	6,25	2,31	1,03
Fett	3,37	4,68	1,88	3,54	4,66	4,75	4,21	4,08
Zucker	2,48	3,83	1,34	3,00	1,42	2,85	3,46	4,10
Asche	1,78	2,31	1,18	1,18	1,55	1,02	0,96	0,82

Von morphologischen Elementen sind ausser den Milchkügelchen charakteristische, vielfach mit allen Attributen einer Zelle ausgestattete Formelemente vertreten, welche sich durch mannigfache Verschiedenheiten auszeichnen. Heidenhain unterscheidet:

1. Typische »Colostrumkörperchen«. Von Donné zuerst als Corps granuleux bezeichnet, wurden sie von Henle mit ersterem Namen belegt. Man kann sie als amöboide, auf dem erwärmten Objecttisch bewegungsfähige, mehr oder weniger mit Fett beladene Rundzellen auffassen, von denen ein Theil seine Bewegungsfähigkeit bereits eingebüsst hat und im Zerfall begriffen ist. Im Alveolarepithel wurden sie bisher nicht nachgewiesen, sondern nur im Alveolarinhalt und in dem entleerten Colostrum. Kuhmilch enthält ganz vereinzelte Colostrumkörperchen noch in der späteren Lactationszeit, welche man am leichtesten im Bodensatz länger gestandener Milch findet.

2. Zellen von der Grösse der Colostrumkörperchen, die aber nur wenige Fetttröpfchen enthalten und deshalb als helle Gebilde mit deutlichem Kern erscheinen.

3. Fettlose, mit 1—2 Kernen versehene, helle, runde, schwachcontourirte Zellen mit etwas granulirter Substanz um die Kerne herum, von derselben Grösse als die bisher erwähnten Elemente. Ihrer Herkunft nach sind beide letztgenannten vermuthlich abgestossene Alveolarepithelien, welche sich in dieser Beschaffenheit nur während der colostralen Secretionsperiode unter dem Epithelbesatz der Drüsenalveolen vorfinden. — Fürstenberg constatirte beim Rind

4. Zellenagglomerate in geringer Zahl, aus dicht aneinanderliegenden Zellen bestehend, wahrscheinlich den Strichkanälen entstammend. Die mitunter auch vereinzelt vorkommenden Zellen sind um das 4fache kleiner als die Colostrumkörperchen. — Schliesslich sind zu erwähnen

5. Fetttropfen mit verschieden grossen Plasmahüllen umgeben und isolirte Kerne, wie solche auch im Bodensatz der gewöhnlichen Milch vorkommen.

Kumys und Kephir.

Gewisse Fermente sind im Stande, den in der Milch enthaltenen Milchzucker in alkoholische Gährung überzuführen. Wie bekannt, zerfällt der Milchzucker, mit verdünnten Mineralsäuren gekocht, unter Wasseraufnahme in Dextrose und Galactose. Beide neu entstandenen Glycosen können mit Hefe zu Alkohol und Kohlensäure vergähren, der Milchzucker an sich nicht. Das Wesentliche für das Zustandekommen der alkoholischen Gährung ist die Bildung gährungsfähigen Zuckers, welchen gewöhnliche Bierhefe aus Milchzucker nicht abzuspalten vermag. Bierhefe giebt zur Entstehung von Alkohol in der Milch nur dann Veranlassung, wenn Rohr- oder Traubenzucker zugesetzt wird, wie dies in Davos z. B. thatsächlich bei Bereitung des (Pseudo) Kephir geschieht.

Kumys oder Kumiss, nach seinen Erfindern, den asiatischen Kumanen

benannt, spielt heute noch bei den Kirgisen, Kalmücken, Baschkiren, Tungusen, Tataren, Mongolen etc. die Rolle eines Nationalgetränkes*), hat sich aber auch in dem westlichen Russland Terrain erobert, wo seit 1858 verschiedene Kumysanstalten aufgetaucht sind. Zur Bereitung verwendet man Stutenmilch, welche man vorerst in Kufen abkühlen lässt, bevor man die Gährung einleitet, da durch das Abkühlen der »pferdige« Geschmack der Milch verschwindet. Die Kirgisen benutzen als Sammelgefässe Schläuche aus geräucherter Pferdehaut. Die Stuten, von denen man Milch gewinnt, werden zu anderen Zwecken (Reiten, Fahren) nicht verwendet. Den Füllen ist nur Nachts zu saugen gestattet. Am Tage geschieht das Melken vier bis achtmal, wobei jedesmal 400—1600 *ccm* Milch entleert werden. Die Euter der Milchstuten, welche bereits innerhalb eines Monats nach dem Abfohlen wieder gedeckt werden, bleiben verhältnissmässig klein. Von den Futterpflanzen erachtet man zur Erzielung eines hohen Milchertrages Stipa pennata als die vortheilhafteste, während Carduus circium und Sonchus arvensis die Gährung hindern oder modificiren sollen (Tschembulatof). Zur Gewinnung des Fermentes bedient man sich eines Teiges aus Mehl und Honig bereitet, welcher zuerst in alkoholische und dann in Milchsäuregährung übergeht oder eines Gemisches von Weinhefe und Sauermilch. Einer kleineren Portion Stutenmilch setzt man das eine oder andere unter heftigem, unablässigem, 12 Stunden fortgesetztem Schlagen oder Rühren zu, filtrirt alsdann und erhält auf diese Weise durch Abpressen die Kumyshefe, welche getrocknet als Pulver aufbewahrt werden kann und mindestens ein Jahr ihre gährungserregende Eigenschaften bewahrt. Genau in derselben Weise, nur unter directer Verwendung der Kumyshefe, stellt man den »schwachen« Kumys her. Man filtrirt jedoch nicht, sondern giesst den letzteren bis auf einen kleinen, im Gefässe verbleibenden Rest in ein zweites Gefäss, schüttet zu dem Reste wieder frische Milch u. s. w. Nach Ablauf von 24 Stunden ist der dekantirte schwache in mittelstarken übergegangen, der bis zu 48 Stunden diese Bezeichnung führt. Mittelstarker Kumys ist dünner als der schwache, hat einen weniger milchgen Geschmack und enthält geringe Mengen

*) Kumys dient zur Frühsücksbereitung der Nomaden. In einem grossen eisernen Kessel wird eine, dem jeweilgen Bedürfniss entsprechende Quantität Wasser zum Kochen gebracht, dann mehrer Stücke des in Tafeln gepressten Steppenthee hineingeworfen und ein dem Waservolum entsprechendes Quantum Kumys nebst Salz und etwas Butter zugefügt. Ias Getränk, mit welchem der Nomade sich berauscht, verschafft er sich in echt eurpäischer Weise durch Destillation eines Gemisches gegohrener Stuten- und Kuhmilh, »Tschakan« genannt. Die Mischung befindet sich in einem Kessel, dessen Deckl durch einen Brei aus Lehm und Pferdemist luftdicht geschlossen wird. Von hieras führt in einen ebenfalls gedichteten Kessel ein Rohr aus getrocknetem Pferdedarm, in welchem sich, da der zweite Kessel in kaltem Wasser steht, die aus ersterem aufstegenden alkoholischen Dämpfe condensiren und so den »Erkét« bilden, eine bläulicIveisse, nach Buttermilch riechende, nicht unangenehm schmeckende, stark berauschede Flüssigkeit, eine Art Milchbranntwein.

CO_2. Auf Flaschen gezogen, lässt sich derselbe 2—3 Tage ohne weitere Veränderung aufbewahren. Starker Kumys wird durch unablässiges Agitiren des mittelstarken (zur Verhinderung des Eintretens der Buttersäuregährung) nach Ablauf von mehr als 48 Stunden gewonnen. Er ist noch dünner als jener, wasserähnlich (abgesehen von der Farbe) und reicher an Alkohol, Milch- und Kohlensäure als die vorigen Qualitäten. Starker Kumys hält sich am längsten und schmeckt säuerlich prickelnd. Durch Nachgährung verschwindet nach 5 Monaten der Milchzucker, welcher bei Steppenstuten durchschnittlich 5,4 pCt. beträgt, vollständig, der Alkoholgehalt erhöht sich bis zu 3 Vol.-pCt. und ein Theil des Casein wandelt sich in lösliche Eiweisskörper um. Biel fand, dass im zweitägigen Kumys das wiedergelöste Casein 11,75 pCt., im sechszehntägigen 35,5 pCt. betrug.

Nachstehende Tabelle zeigt die quantitative Zusammensetzung des mittelstarken Kumys und gleichzeitig des Kephir, unter welcher Bezeichnung man ein dem Kumys ähnliches, aber aus Kuhmilch hergestelltes moussirendes Getränk versteht, das sich unter dem Namen Champagnermilch auch in Deutschland Eingang verschafft hat.

In 100 Theilen	Zweitägiger Stutenkumys (Hartjé)	Zweitägiger Kephir aus abgerahmter Kuhmilch. Sp. Gew. 1,026 (Tuschinsky)
Wasser	91,47	89,80
Alkohol	1,65	0,80
Milchsäure	1,15	0,90
Milchzucker	2,20	2,00
Fett	2,05	2,00
Eiweiss	1,12	3,80
Asche	0,36	0,70

Kephir, Kefir, Kifyr, Kiafyr, Kafyr etc. (bester Trank, Wonnetrank), ursprünglich von den kaukasischen Bergbewohnern hergestellt, wurde im westlichen Europa durch eine Arbeit von E. Kern im Jahre 1881 bekannt und gewann dadurch rasch an Bedeutung, dass sich derselbe als nahrhaftes und erfrischendes Getränk bei Krankheiten bewährt hat, welche mit Abmagerung, Anämie, mangelhafter Verdauung verbunden sind. Das Ferment, die Kefirkörner (Prophetenhirse) besteht wesentlich aus zwei symbiotischen Pilzen, der gewöhnlichen Hefe (Saccharomyces cerevisiae) und einem Bacillus mit endständigen Sporen (Dispora caucasica-Kern), zu denen sich, nach Löffler, noch der Milchsäurebacillus gesellt. Sie stellen im ruhenden Zustande kleine, gelbe bis weisse, Stecknadelknopf bis Hirsekorn grosse Klümpchen dar, welche

in Milch (Magermilch) gebracht, aufquellen und wachsen. Die Wirkung des Wachsthums auf die Milch besteht in Umwandlung eines Theils des Milchzuckers in Alcohol und Kohlensäure, (durch Hefe) eines anderen Theils in Milchsäure, (durch den Milchsäurebacillus) in einer theilweisen Peptonisirung des Caseins und Albumins (durch Dispora caucasica) und in der Bildung kleiner Mengen von Glycerin, Bernsteinsäure, Butter- und Essigsäure, Producte, welche im Kumys ebenfalls sämmtlich enthalten sein dürften. — Das aus Kephir darstellbare Casein zeigt dieselben äusseren Eigenschaften wie das der gewöhnlichen Milch, enthält aber nach Biel's Untersuchungen keine Mineralstoffe, ein Verhalten, welches mit dem durch künstlichen Säurezusatz erhaltenen Casein übereinstimmt. Albumin geht, bei länger währender Gährung in Hemialbumose über, von welcher die unlösliche und lösliche Modification Kühne's nachweislich vorhanden ist. Ausserdem wurden gefunden Lactosyntonid und Pepton, von letzterem 0,05—0,07 pCt.

3. Schweiss.

Von

J. Tereg.

Die Fähigkeit, auf die Hautoberfläche ein wasserreiches Secret, den Schweiss, abzusondern, kommt allen Hausthieren zu, wenngleich in verschiedenem Maasse. Ermöglicht wird die Schweisssecretion durch die in der Haut vorhandenen Schweissdrüsen.

Gurlt und R. Wagner gebührt das Verdienst, die ersten exacten Angaben und Abbildungen von Schweissdrüsen geliefert zu haben. Stenson und Malpighi kannten zwar bereits die Mündungen in der Oberhaut der Palmarfläche der Hand, Purkinje und Breschet mit Roussel de Vaurème entdeckten gleichzeitig den Ausführungsgang, letztere auch eine drüsenähnliche Anschwellung am Ende desselben, erfassten aber ihre Bedeutung nicht, erklärten die Anschwellungen vielmehr für ein Organ des von ihnen angenommenen Appareil blennogène, welcher den Mucus Malpighii absondern soll, der zur hornigen Epidermis erhärte.

Nicht überall zeigen die Schweissdrüsen dieselbe Form. Am vollkommensten sind sie ausgebildet beim Pferd, bei welchem sich der lange, in der Subcutis gelegene Drüsenschlauch meist zu einem wirren Knäuel aufwickelt. Im Strahl, wo Frank dieselben auffand, haben sie ihre Lage ausschliesslich über und zur Seite des sogenannten Hahnenkammes, beim Esel vertheilen sie sich über die ganze Strahlfläche. Am grössten und zahlreichsten treten sie in der Haut der Geschlechtstheile und um den Anus auf (Circumanaldrüsen — Gray), produciren aber wahrscheinlich, vielleicht mit Ausnahme der im Präpatium vorkommenden Knäuel

ein anderes Secret als Schweiss, müssen daher zu den modificirten Schweissdrüsen gerechnet werden. Graff beobachtete unter Einwirkung der Ueberosmiumsäure eine dunklere Braunfärbung als bei den gewöhnlichen Schweissdrüsen (Talgdrüsen färben sich schwarz). Unter den Wiederkäuern ist das Rind am dürftigsten ausgestattet. Während beim Schafe die Drüsenschläuche tiefer in die Haut reichen als die Haare und mehr oder weniger deutliche Knäuel bilden, besitzt das Rind in der That reducirte Drüsenkörper, einen weiten, wellenförmig gebogenen, in gleicher Tiefe mit den Haarwurzeln liegenden Schlauch darstellend. In der Schwanzhaut dagegen sind gut entwickelte Knäuel vertreten, ebenso wie beim Schaf; an den Zitzen und zwischen den Klauen der Rinder fehlen sie. Beim Schwein reichen die wohl entwickelten Schweissdrüsen gewöhnlich ebenfalls nicht über die Haarwurzel hinaus; an manchen Stellen häufen sie sich zu dicht gedrängten Lagern an (Rüsselscheibe, Volarseite des Carpus), in welchem exquisite Knäuelbildungen in ähnlicher Weise zu beobachten sind, wie in den unbehaarten Sohlenballen der Fleischfresser. Von letzten besitzt der Hund verhältnissmässig gut ausgebildete Drüsenkörper, die Katze an den behaarten Körperstellen nur sehr verkümmerte, grössere in der Nähe der Maulspalte und des Anus. Als quasi verirrte Schweissdrüsen dürften die von Maur und Meisner beim Pferd, Rind, Schaf, Ziege und Schwein in der Conjunctiva Sclerae gefundenen säckchenförmigen (Schwein) und knäueldrüsenähnlichen Schläuche zu betrachten sein; Blumberg hält sie für accessorische Thränendrüsen und Luchsinger für Knäueldrüsen, welche Talg produciren, ähnlich wie die Ohrenschmalzdrüsen.

Das Drüsenepithel steht in ununterbrochener Verbindung mit der untersten Schicht des Rete Malpighii. Im Ruhezustand erscheinen die prismatischen resp. cubischen Cylinderepithelien hell, mit grundständigem, unregelmässig conturirtem oder dreieckigem Kern. Zuweilen finden sich 2 resp. 3 concentrische Zellschichten (Bubnoff), namentlich nach den Ausführungsgängen hin. An der Wand sind zu unterscheiden die Propria und eine bindegewebige Umhüllungsschicht, unterbrochen von longitudinalen Zügen glatter Musculatur, welche die Propria stellenweise leistenartig in das Drüsenlumen vordrängen. Bei den kleinen verkümmerten Schweissdrüsen, wie sie z. B. in der behaarten Haut der Katze vorkommen, fehlt die Musculatur, ebenso an denen des Praeputium.

Nach eingetretener Secretion findet man die Drüsenzellen verkleinert und den rund gewordenen vergrösserten Kern mehr in der Mitte der Zelle gelagert. Das Protoplasma erscheint granulirt und in Folge dessen stärker tingirbar als im ruhenden Zustande. (Ott, Renaut.)

Nach Untersuchungen von K. Arnstein an Katzen und Affen, werden die Drüsentubul durch einen Nervenplexus umsponnen (epilemmales Geflecht), von welchem kurze Fädchen unter die Membrana propria dringen und möglicherweise ein hypolemmales Geflecht bilden. Im epilemmalen Geflecht endigen Nervenfasern frei mit einer knopfförmigen Anschwellung. Ein Theil der Nervenfasern dürfte der Musculatur angehören.

Schweisssecretion.

Die Bildung des Schweisses steht unter dem regulirenden Einfluss des Nervensystems, jedoch ohne Mitbetheiligung des Willens. In causalem Zusammenhang mit der eintretenden Secretion stehen Bewegung, Empfindung und Vorstellungen.

Lassen wir uns von den Erfahrungen leiten, welche uns die tägliche Beobachtung über die Abhängigkeit der Schweisssecretion von rein

physischen Bedingungen nahe legt, so tritt uns zunächst die Thatsache entgegen, dass Schweisssecretion ein ständiger Begleiter der **Muskelthätigkeit** ist. Körperbewegungen befördern den Ausbruch von Schweiss, und zwar schwitzen besonders diejenigen Regionen, deren Muskeln an den Bewegungen sich in hervorragender Weise betheiligen. In ähnlicher Weise, wie bei Bewegung der Beine beim Menschen die Füsse und bei Armbewegung die Hände schwitzen, sieht man auch bei Fleischfressern Schweisströpfchen an den Sohlenballen der Hinter- resp. der Vorderextremitäten hervorbrechen, wenn man die genannten Localitäten bei Seitenlage der Thiere beobachtet, während mechanische oder electrische Reize die Bewegung der Extremitäten unterhalten. So tritt z. B. bei Faradisirung des Tibialis resp. Medianus unter ausgiebiger Plantar- und Volar-Flexion eine derart anhaltende Schweisssecretion ein, dass die Sohlenballen sich mit einer continuirlichen Schweissschicht bedecken. Der Versuch gelingt, so oft man ihn anstellt. Durch häufige Wiederholung desselben an ein und derselben Extremität erschöpfen sich indess die Drüsen und ermüdet der gereizte Nerv. In einer Reihe an demselben Nerven ausgeführter Reizversuche werden deshalb die von der Reizung bis zum Eintritt der Secretion verfliessenden Zeiten immer länger, die Quellen des Schweisses fliessen spärlicher, bis sie endlich für eine Zeit lang ganz versiegen und erst wieder nach gemessener Ruhe sich öffnen. Bei natürlicher Bewegung schwitzt das Pferd meist in der Flankengegend zuerst, sodann an Schultern und Hals, schliesslich am gesammten Rumpf. Bei Rindern sind unter gewöhnlichen Verhältnissen die Bewegungen ebenso wie bei Schweinen und Schafen selten derart ausgiebig, dass Schweisssecretion eintritt; bei letzteren nimmt ausserdem das Wollvliess den Schweiss auf, so dass selbst bei hoher Temperatur tropfbar flüssiger Schweiss nicht sichtbar wird. Hunde und Katzen schwitzen an der behaarten Haut nicht, erstere sogar mitunter nicht einmal an ihren nackten Pfoten. Adamkiewicz begründete durch Versuche ganz allgemein den Satz, dass, soweit die Haut für die Secretion überhaupt prädisponirt ist, Reizung motorischer Nervenstämme mit der Contraction der von ihnen versorgten Muskeln auch Schweisssecretion in der Haut des erregten Gebietes hervorruft. Es liegt die Vermuthung nahe, die bei Muskelcontractionen beschleunigte Stromgeschwindigkeit und der erhöhte Seitendruck des Blutes seien diejenigen Factoren, welche die Schweisssecretion bedingen. Dies trifft jedoch nicht zu, denn nach Ausschaltung des Blutstromes (Unterbindung des Gefässes oder Tödtung durch Verbluten), ja selbst nach Sistirung der Athmung oder nach Amputation der Extremitäten (Frl. Kendal und Luchsinger) kann man sogar noch zu einer Zeit Schweisssecretion durch Reizung vom Nerven aus hervorrufen, zu welcher die Erregbarkeit der motorischen Nervenfasern schon verschwunden ist. Hieraus ergiebt sich mit Sicherheit, dass die Schweisssecretion durch directe Erregung secretorischer Nervenfasern hervorgerufen wird, welche Nerven die Bahnen der moto-

rischen begleiten. Wie haben wir uns aber den Zusammenhang zwischen Bewegung und Schweisssecretion vorzustellen unter natürlichen Bedingungen, wo eine directe gleichzeitige Erregung der secretorischen Nerven neben den motorischen doch nicht ohne weiteres angenommen werden kann?

Zur Beantwortung dieser Frage würde zunächst zu berücksichtigen sein, dass die Bewegung physische Verhältnitse schafft, welche eine Verdunstung von Wasser als nothwendige Folge bedingen. Die Muskeln sind die wichtigsten Wärmeherde des lebenden Körpers. Je ausgiebiger ihre Contraction, desto höher müsste die Eigentemperatur ansteigen, wenn nicht für eine erhöhte Abgabe gesorgt wäre. Wenn die Beziehung zur Wärme das Moment darstellt, was die Secretion des Schweisses an die Thätigkeit der Muskeln bindet, so muss dieselbe Secretion auch veranlasst werden können durch ausserhalb des Körpers gelegene Wärmequellen, sofern nur deren Wirkungen sich auf die Körperoberfläche zu erstrecken vermögen.

Es kann aber keine materielle Function des Organismus anders als auf der doppelten Bahn centripetaler und centrifugaler Nerven, d. h. als Reflex angeregt werden, und unter den **Reflexreizen** für die Schweisssecretion spielen thermische Reize thatsächlich die wichtigste Rolle. Erniedrigung der Temperatur ist nach den Untersuchungen von Adamkiewicz ohne Wirkung auf die reflectorische Schweisssecretion. Locale Temperaturerhöhung durch Anlagen von Zinngefässen, die mit erwärmtem Wasser gefüllt waren auf die Haut einer Unterextremität, rief schon bei einer Temperatur von 40° an der Sohle eben sichtbare Schweisströpfchen hervor, welche bei 45—49° zu einer zusammenhängenden Schicht confluirten. Zu derartigen Versuchen wurden Personen benutzt, deren Reflexthätigkeit in Folge einer Erkrankung der Seitenstränge des Rückenmarks (spastische Spinalparalyse) stark erhöht war. Um bei Gesunden, durch Einwirkung von Wärme, reflectorisch Schweisssecretion zu erhalten, müssen verhältnissmässig grosse Flächen mit dem erwärmten Medium in Berührung gebracht werden. Viel intensiver und unzweifelhaft beweisend für die Möglichkeit reflectorischer Schweisssecretion wirken electrische Hautreize. Leitet man faradische Ströme mittelst Pinselectroden auf die Haut von Körpergebieten, welche zur Schweisssecretion neigen und reizt man, die Haut mit dem Pinsel streichend, sensible Nerven dieser Partien, so entsteht zugleich mit dem Schmerz, den die Reizung verursacht, Schweiss an den genannten Bezirken, auch wenn jede Art der Erregung von Muskeln dabei vermieden wird. Beim Menschen erfolgt die Reflexsecretion stets bilateral-symmetrisch und durch Irradiation auch unabhängig von dem Ort, an welchem der sie erregende sensible Reiz gewirkt hat. Bei der Katze, welche in dieser Hinsicht ebenfalls untersucht wurde, ist die Anlage zu bilateraler Schweisssecretion zwar vorhanden, aber bei Weitem nicht so ausgesprochen als beim Menschen.

Auch durch **psychische Affecte** können die Schweissdrüsen in Er-

regung gerathen. Die meisten derselben, welche einen Ausbruch von Schweiss veranlassen, sind Gemüthsdepressionen. Bei Exaltationen ist der Schweiss, wenn er sie begleitet, wahrscheinlich Folge gleichzeitig stattfindender Muskelerregungen. Jene Depressionen erscheinen meist geknüpft an die unklare Vorstellung drohender Gefahr. Es ist demnach das Gefühl der Angst, was als Reiz der Erfahrung zu Folge die Thätigkeit der Schweissdrüsen anregt. Thiere, welche zu Operationszwecken immobilisirt sind, zeigen bisweilen diese Erscheinung.

Barbey berichtet von einem Hunde, welcher durch einen leichten Wagen überfahren worden, sonst aber unversehrt geblieben war, dass derselbe 10 Minuten nachher über und über nass und wie in eine Dampfwolke eingehüllt erschien. Von den Haarspitzen träufelte Tropfen auf Tropfen während einer halben Stunde; nach 5 Stunden zeigten sich die Haare immer noch feucht.

Endlich wies Luchsinger nach, dass man durch sogenannte **Ganglienreize**, wie Erstickung (Todesschweiss), Erwärmung des Blutes, auch durch bestimmte Alkaloide (Pilocarpin, Muscarin u. s. w.) die Pfoten eines Kätzchens zum Schwitzen zu bringen vermag. Nach Zerstörung des Rückenmarks findet unter der obigen Voraussetzung keine Schweissproduction statt, ein Beweis dafür, dass es im Rückenmark Centren giebt, durch deren Erregung Schweisssecretion eintritt; nur unter Wirkung der Alkaloide überdauert bei erhaltener Circulation die Schweissproduction die Zerstörung der Centren, wenngleich unter Abnahme der Menge des Secretes (directe Einwirkung auf die Drüsen).

Die Angaben Luchsinger's über die Lage der Schwitzcentren für die Hinterextremität (der Katze) stimmen mit denen von Adamkiewicz im Allgemeinen überein. Luchsinger nimmt derartige Centren im Bereich des unteren Brust- und oberen Lendenmark an, getrennt von denen für die sensiblen und motorischen Nerven der Hinterextremität. Die zugehörigen Nervenfasern verlassen das Rückenmark durch 6—7 vordere Wurzeln, um ausschliesslich auf der Bahn der sympathischen Nerven zu den Fasern des Ischiadicus zu treten. Adamkiewicz ermittelte Thatsachen, durch welche diese Theorie eine wesentliche Erweiterung erfuhr. Nach Durchschneidung des Rückenmarks in Höhe des 2 Lendenwirbels ist Schwitzvermögen vorhanden, nach Zerstörung des Lendenmarks nicht mehr, es müssen demnach Centren im Lendenmark vorhanden sein.

Zur Prüfung der Ausdehnung der Centren wurde das Rückenmark zwischen Brust und Lendenmark getrennt, der Ischiadicus einer Seite durchschnitten und das centrale Schnittende faradisirt. Stets trat eine unzweifelhafte, wenn auch spärliche Secretion der entgegengesetzten Hintergliedmasse durch bilateralen Reflex ein. Wurde nun das Mark vom capitalen Ende her schichtweise abgetragen, so verschwand die Reflexsecretion, so wie die Abtragung bis zur Höhe des 4. Lendenwirbels vorgeschritten war.

Damit ist der Beweis geliefert, dass das ganze Lendenmark bis zur bezeichneten Höhe Schweisssecretionscentren enthält.

Da diese Centren von dem sensiblen Reiz erreicht werden, welcher auf der Bahn des Plexus ischidiacus zum Lendenmark tritt und da ferner bei jedem Schnitt der in das Gebiet dieser Centren fällt, die Hinter-

pfoten zucken, so liegen wahrscheinlich motorische, sensible und secretorische Ganglien der Hinterextremitäten beisammen, obgleich die Wurzeln des Plexus das Rückenmark erst unterhalb des 4. Lendenwirbels verlassen. — Aus der Coincidenz von Muskelcontraction und Schweisssecretion lässt sich vermuthen, dass die secretorischen und motorischen Centren in den Cornua anteriora des Rückenmarks gelegen und einander benachbart sind. Um hierfür eine Bestätigung zu erhalten, wurde das Lendenmark nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln tetanisirt. Auch jetzt trat deutliche Schweisssecretion an den Hintergliedmassen ein. Da bei diesem Versuch die Erregung, welche durch den electrischen Reiz gesetzt war, nur durch die vorderen Wurzeln das Rückenmark verlassen und nur auf Bahnen dieser Wurzeln die Schweissdrüsen erreichen konnte, so müssen auch die secretorischen Fasern mit den vorderen Wurzeln aus dem Rückenmark austreten. Die zu diesen gehörigen Centren liegen aber in den Vorderhörnern. Die Bahnen, in welchen die vom Lendenmark vermittelten Erregungen verlaufen, sind wahrscheinlich keine directe, denn Luchsinger und Nawrocki fanden, dass bei gelungener Exstirpation des Bauchstranges vom Sympathicus oder nach Durchtrennung der Rami communicantes in zahlreichen Fällen weder durch Hitze noch durch Dispnoe-Schwitzen an der Pfote der operirten Seite zu erzielen war. Ausser diesen im Lendenmark gelegenen Centren finden sich solche für die Hinterextremität bestimmte im Brustmark.

Hat man jungen Kätzchen die ganze Lendenwirbelsäule eröffnet und vorsichtig das Lendenmark herausgenommen, so kann man beobachten, dass auch dann noch eine der Hinterpfoten schwitzt, wenn das centrale Ende entweder des N. ischiadicus der andern Seite oder der Plexus brachialis derselben Seite electrisch erregt wird. Dieser Versuch zwingt zu der Annahme, dass der Reiz welcher durch den Plex. brach. in das Rückenmark eingetreten ist, von hier aus auf Nebenwegen und zwar durch Vermittelung des Brusttheils vom Grenzstrange vom N. sympathicus zur Hinterpfote gelangt. Offenbar sind es dieselben Bahnen, welche bei dem eben erwähnten Reizversuch mit dem N. ischiad. auch den Reiz von diesen Nerven quer durch das Brustmark zu den Secretionsfasern des andern tragen. Durch schichtweises Abtragen des Brustmarkes gelang es Adamkiewicz die Lage der Centren dieser im Brust- und Bauchstrang des Sympathicus verlaufenden secretorischen Nerven für die Hinterextremität in der Gegend des 10—13. Brustwirbels zu eruiren.

Sämmtliche secretorische Fasern für die Hinterextremitäten verlaufen im Ischiadicus.

Für die Vorderextremitäten konnte die Lage der Schwitzcentren durch analoge Versuche in der Gegend des 4. Hals- bis 6. Brustwirbels ermittelt werden (Adamkiewicz, Nawrocki). Die leitenden Bahnen sind dem N. medianus und ulnaris zugesellt, nachdem sie das Ganglion stellatum passirt haben.

Aus der Erfahrung, dass heftige psychische Affecte Schweisssecretion

an allen zum Schwitzen disponirten Hautpartien hervorgerufen im Stande sind, dürfte der Schluss gezogen werden, dass sämmtliche Centren der Schweisssecretion unter einander zusammenhängen und insgesammt vom Gehirn aus erregt werden können. Existiren derartige, vom Grosshirn herrührende Bahnen, so müssen sie die Medulla obl. passiren. In der That erzeugt Reizung der Medulla mittelst schwacher faradischer Ströme starke Secretion an allen 4 Pfoten einer Katze, auch dann, wenn das Rückenmark in der oberen Lendengegend seitlich halb durchschnitten ist. Durch diese Versuchsanordnung wird die Vermuthung ausgeschlossen, die durch Erregung des verlängerten Markes hervorgerufene Schweisssecretion sei eine Begleiterscheinung der gleichzeitig stattfindenden Muskelcontraction. Die Medulla obl. enthält also zusammenfassende Schwitzcentren, deren Erregung sämmtliche im Rückenmark zerstreute Unterstationen zu beeinflussen vermögen.

Von diesen in den Medulla anzunehmenden Schwitzcentren aus verbreiten sich secretorische Nerven zum Theil direct mit dem Infraorbitalis (vom Trigeminus), theils auf dem Umwege durch das Halsmark, Ganglion stellatum und Halssympathicus beim Schwein in der Rüsselscheibe, beim Pferd am Kopf und Hals, bei den Wiederkäuern in den acinösen Flotzmauldrüsen, bei den Fleischfressern in den tubulösen Drüsen des sogenannten Nasenspiegels.

Reizung des N. infraorbitalis hat ausnahmslos starke Secretion an den genannten Hautpartien zur Folge. Dasselbe lässt sich durch Reizung des Halssympathicus erzielen. Nach Durchschneidung des letzteren bewirken centrale Reize (Erstickung u. s. w.) bei intactem Infraorbitalis in vielen Fällen Secretion an der Rüsselscheibe des Schweins (Luchsinger). Beim Rind bildet sich in der Umgebung der entsprechenden Schnauzenhälfte eine kleine, ringförmige, vollkommen trockene Zone aus. Injicirt man hierauf Pilocarpin, so stellt sich Secretion an dieser Stelle ein und wird daselbst sogar reichlicher als an den anderen Partien des Flotzmauls. M. Arloing schliesst aus diesen Versuchen auf die Existenz secretionshemmender Fasern (»frenosecretorische« Nerven), welche in anderen als sympathischen Bahnen verlaufen. Beim Pferd tritt nach Durchschneidung des Halssympathicus ohne weitere Eingriffe Schweisssecretion am Halse auf (Dupuy, Meyer, Colin). Bald nach Ausführung des Schnittes wird der Hals an der operirten Seite feucht, und strömt in kurzer Zeit der Schweiss so stark auf die Hautfläche, dass er in grossen Tropfen zu Boden fliesst. Nach einiger Zeit wird die Secretion geringer und nach und nach so spärlich, dass man spätestens 6 Stunden nach der Operation nichts mehr davon wahrzunehmen vermag. Da durch Cl. Bernard nachgewiesen wurde, dass im Halssympathicus vasomotorische Fasern verlaufen, schrieb man vielfach die nach Sympathicustrennung eintretende Secretion der in Folge der Gefässlähmung an Hals und Kopf eintretenden Blutansammlung zu. Diese Fluxion besteht unzweifelhaft auch nach Ablauf von 6 Stunden fort und nimmt Adamkiewicz deshalb an, dass es sich

hiernach um eine durch den Schnitt herbeigeführte, mehrere Stunden andauernde Reizung handele, welche nach Verlauf der angegebenen Zeit einer Lähmung des peripheren Endes Platz mache. — Der Verlauf der Secretionsfasern für die Flotzmauldrüsen ist nach Luchsinger zum grossen Theil, oft ausschliesslich, ein sympathischer und die 2., 3. und vordere Brustwurzel deren Quellen. Soweit die Nerven dem Sympathicus angehören, sind dieselben, nach Arloing, den »excitosecretorischen« zuzurechnen. In anderen Fällen kommen auch directe cerebrale Fasern vor, welche wahrscheinlich dem Trigemius von seinem Ursprung her beigemischt sind.

Eigenschaften.

Das in tropfbar flüssiger Form durch Auffangen gewonnene Secret ist meist durch abgestossene Epidermisschuppen einzelner Talgzellen und Fettkügelchen aus den Talgdrüsen verunreinigt und deshalb trübe. Filtrirter Schweiss erscheint vollkommen klar, ungefärbt, von saurer oder alkalischer Reaction und salzigem Geschmack. Die Reaction des Schweisses hängt meist von der Secretionsdauer ab; im Beginn der Secretion aufgefangene Portionen reagiren vielfach sauer, im weiteren Verlauf aber alkalisch und zwar deshalb, weil die in den Anfangsquantitäten enthaltenen freien, flüchtigen Fettsäuren allmählich verschwinden (Gillibert und Favre, Funke.) Gründliche Reinigung der Hautoberfläche vor dem Schwitzen bewirkt sofortige alkalische Reaction (Trumpy und Luchsinger). Wahrscheinlich wird die saure Reaction nicht allein durch freie Fettsäuren des zersetzten Hauttalgs bedingt, sondern auch durch saure Alkaliphosphate. Pferdeschweiss nach Bewegung oder Sympathicusdurchschneidung erhalten, reagirt neutral oder alkalisch. Beim Stehen kann auch der saure Schweiss schon nach kurzer Zeit unter Bildung von Ammoniumcarbonat (aus Harnstoff) alkalische Reaction annehmen, besonders leicht der nicht filtrirte.

Bestandtheile.

Der Gehalt an festen Bestandtheilen ist gering und schwankt zwischen 0,5—2,5 pCt., daher auch das niedrige specifische Gewicht des Schweisses (1,020 im Mittel beim Pferd). Im Allgemeinen ist die Menge der festen Theile der Quantität des in der Zeiteinheit gelieferten Secretes umgekehrt proportional. Im Trockenrückstand machen die Salze den Hauptbestandtheil aus. Unter den organischen Substanzen kommt Harnstoff nachgewiesenermassen in geringer Menge auch im Pferdeschweiss vor (Foucroy, L. Wolff); im menschlichen Schweiss fanden Picard 0,088 pCt., Funke 0,11—0,20 pCt., Argutinsky 0,12—0,16 pCt. (entsprechend 70—75 pCt. des Gesammt-N) Harnstoff. Tichorne constatirte die Anwesenheit von Harnsäure, ausserdem ermittelte Capranica Kreatinin in Spuren. Dampft man den Schweiss unter Zusatz von etwas Soda zur Trockne ein, so gewinnt man aus dem Rückstande durch Extraction mit Alkohol ausser Harnstoff

Salze flüchtiger Fettsäuren. Mit Sicherheit sind von letzteren nachgewiesen Ameisensäure, Essigsäure (Funke) und Buttersäure (Schottin). Aus dem oft intensiven Geruch des Schweisses (Achselhöhle der Menschen, Bockschweiss) glaubt man auf das Vorhandensein von Capron- und Caprinsäure schliessen zu dürfen. Der unlösliche Theil des Alkoholextracts enthält noch organische, auch N-haltige Substanz (Kühne), welche vielleicht auf Eiweiss (Serumalbumin) zu beziehen ist, das Leube in reichlich producirtem Schweiss constant nachzuweisen vermochte. Nach Leclerc ist die Albuminausscheidung der Pferde durch den Schweiss nicht unbedeutend. Ein bei der Arbeit stark schwitzendes Pferd schied täglich 4,2—10,3 *g* Albumin (mit 0,7—1,7 *g* N) aus, ein anderes, weniger stark secernirendes 2,7—8,6 *g* (mit 0,4—1,4 *g* N). Das auf der Haut beim Schwitzen sich ablagernde Häutchen besteht wesentlich aus eingetrocknetem Albumin, welches sich in Wasser von 50° löst. Epithelien sind darin — gründliche vorherige Reinigung der Versuchsthiere vorausgesetzt — nur spärlich vertreten. Dass der Schweiss, wie er zur Untersuchung gelangt, auch Fett, Seifen, höhere Fettsäuren und Cholesterin enthalten kann, erhellt aus der unvermeidlichen Beimischung von Hauttalg.

Als nicht constante, theilweise problematische organische Bestandtheile sind anzuführen: die Schweisssäure von Favre (Acide hydrotique), angeblich von der Zusammensetzung $C_{10}H_{16}N_3O_{13}$, welche nur im menschlichen Schweiss vorkommen soll; Farbstoffe und zwar Indigo wollen Bisio und Hofmann gefunden haben, was A. Kast nicht gelang. Letzter erhielt jedoch mit alkoholischen Schweissextract nach Verjagen des Alkohol Skatolreaction mit Jaffe's Probe. Ausserdem fand man Gallenfarbstoff bei Icterischen, ferner Zucker bei Diabetes (Nasse, Bergeron und Lemattre, Semmola, Griesinger, Koch), in einigen Fällen Cystin (Gamgee und Dewar). Schottin glaubt den Uebergang von Benzoesäure, Bernsteinsäure, Weinsäure in den Schweiss nachgewiesen zu haben. Sichergestellt ist von A. Kast das Vorkommen von Phenol und aromatischen Oxysäuren im Schweiss gesunder Personen.

Die anorganischen Bestandtheile sind auf etwa ein Dritttheil der Gesammttrockensubstanz zu veranschlagen (0,4—0,7 pCt.) und bestehen dieselben aus Kochsalz und Chlorkalium (0,2—0,4 pCt.), phosphorsauren Alkalien (von Spuren bis zu 0,13 pCt.), schwefelsauren Alkalien (0,1—0,3 pCt.), und Spuren phosphorsaurer Erden und Eisenoxyd, wovon letzteres in erheblicherer, durch Schwefelnatrium oder Kaliumsulfocyanid auf der Haut direct nachweisbarer Menge bei acuter Anämie und Bleivergiftung vorkommt (Du Moulin, Lavard). — Nach Bergeron und Lemattre erscheint nach dem Gebrauch von Quecksilberjodid das Quecksilber als Sublimat im Schweiss, das Jod im Harn, (Schottin fand nach Einnahme von Jodkalium Jod auch im Schweiss, allerdings erst sehr spät), nach arsensaurem Eisenoxyd im Schweiss arsensaures Alkali, während das Eisen in diesem Fall mit dem Harn entfernt werden soll.

Ueber die Grösse der Schweissproduction lassen sich genaue Angaben nicht machen. Zunächst bleibt zu berücksichtigen, dass die Secretion eine remittirende und von den verschiedensten Bedingungen abhängige ist. Bei niedriger Temperatur und Vermeidung von körperlicher Arbeit wird tropfbar flüssiger Schweiss überhaupt nicht geliefert, ausser nach Einführung Schweisssecretion erregender Arzneien. Auch individuelle Verschiedenheiten lassen sich constatiren; von 2 unter denselben Bedingungen arbeitenden Pferden sehen wir oft das eine wenig oder gar nicht schwitzen, während das andere in Schweiss gebadet sein kann. Endlich darf auch die verschiedene Vertheilung der Schweissdrüsen über die Körperoberfläche nicht übersehen werden. Wenn die von einer beschränkten Hautstelle producirte Schweissmenge zum Ausgangspunkt einer Berechnung der Quantität der Gesammtoberfläche benutzt wird, muss nothwendiger Weise das erhaltene Resultat ein fehlerhaftes sein. Funke erhielt als Maximalmenge von der Haut seiner Hand und des Unterarmes bis dicht über dem Ellenbogengelenk, unter angestrengter Bewegung in der Sonne, bei 27,5° C. Schattentemperatur, in einer Stunde 48 *g*, als Minimum bei mässiger Bewegung bei 17—19° C. nur 4,3 *g*. Da die schwitzende Fläche 0,0923 *qm*, die des Gesammtkörpers 1,54 *qm* betrug, so würde die stündliche Schweissmenge des Gesammtkörpers unter sonst gleichen Bedingungen etwa zwischen 70 – 800 *g* schwanken können und bei gleichmässiger Dauer, während 24 Stunden 1,68 – 19,2 *kg* ($^1/_{45}$—$^1/_4$ des Körpergewichts). Nach Bestimmungen von Favre, der im Dampfbade, während reichlichen Wassertrinkens in $1^1/_2$ Stunden bis 2560 *g* Schweiss erhielt, würde jene Menge sogar auf 41 *kg* steigen können (mehr als die Hälfte des Körpergewichts). Derartige Verallgemeinerungen sind jedoch unzulässig und zwar, abgesehen von den oben angeführten Gründen auch deshalb, weil die Schweissmenge bei länger dauernder Secretion abnimmt, also niemals bei 24stündigem Schwitzen jene Ziffern erreichen würde. Im grossen Ganzen darf man beim Menschen die unter Durchschnittsverhältnissen geleistete Abgabe an Schweiss auf $^1/_{75}$ Körpergewicht 800—1000 *g* pro 24 Stunden schätzen.

Zwischen Schweiss- und Harnsecretion besteht ein bewerkenswerthes Wechselverhältniss. Bei vermehrter Schweisssecretion verringert sich das Durchschnittsvolumen der täglichen Harnmenge und wird der Harn gleichzeitig concentrirter und umgekehrt. Es lässt sich dieser Umstand auf den veränderten Wassergehalt des Blutes zurückführen, welcher bei reichlichem Schwitzen sich vermindert, so dass die Nieren für Herstellung des Flüssigkeitsgleichgewichts im Körper in geringerem Grade beansprucht werden. Bewiesen wird diese Annahme dadurch, dass durch Wasserzufuhr nach eingetretener reichlicher Schweissabsonderung das Harnquantum zu dem ursprünglichen Volumen ansteigt, ja dasselbe übertreffen kann. Mit zunehmender Schweisssecretion steigt auch die Abgabe von Harnstoff durch den Schweiss, selbst dann, wenn durch Aufnahme von Wasser einer Verminderung der Harnquantität vorgebeugt

wird. Funke schätzt beim Menschen die in 24 Stunden durch den Schweiss mögliche Harnstoffabgabe auf 10—15 *g*. Das Verhältniss der anorganischen Bestandtheile zwischen Schweiss und Harn stellt sich nach A. Kast wie folgt:

	Chloride	Phosphate	Sulphate
Schweiss	1	0,0015	0,009
Harn	1	0,132	0,397

Gepaarte Schwefelsäure (B) steht zur präformirten (A) im Schweiss in dem Verhältniss wie 1 : 12, im Harn wie 1 : 16. Nach Einnahme von 10 *g* Salol in 3 Tagen war B : A = 1 : 9,5, dagegen im Harn B : A = 1 : 0,75 (unmittelbar vorher 1 : 26). Wird also durch Einführung aromatischer Substanzen in den Körper eine künstliche Production von Aetherschwefelsäuren erzeugt, so betheiligen sich die Schweissdrüsen in ungleich geringerem Grade an der Ausscheidung derselben als der Harn.

Die im Corium der Oberlippe der Wiederkäuer gelegenen Flotzmauldrüsen (s. Bd. I S. 651 und 432) bestehen aus einzelnen Läppchen von sehr variabler Grösse (0,085—0,4689 *mm* Durchmesser).

Die Ausführungsgänge der einzelnen Acini münden dichotomisch im Bereich der Drüsenmasse in grössere Gänge; letztere vereinigen sich kurz vor dem Rete zu einem mächtigen, bis 0,160 *mm* weiten Canal, welcher auf die Oberfläche mündet. Vielfach liegen 2—4 dieser Canäle nebeneinander und bilden auf der Flotzmauloberfläche mit unbewaffnetem Auge sichtbare Grübchen. Das Epithel ist wie in tubulösen Drüsen ein einschichtiges Cylinderepithel (Chodakowski).

Harms zählt die Flotzmauldrüsen zu den Talgdrüsen, Fürstenberg und Rhode, ebenso Graff, zu den Schleimdrüsen.

Das von den Flotzmauldrüsen producirte Secret reagirt mehr oder weniger alkalisch und stellt eine klare, nicht fadenziehende Flüssigkeit dar, welche den Nasenspiegel ständig feucht erhält. Die Thiere werden hierdurch anscheinend in den Stand gesetzt, die Richtung zu beurtheilen, in welcher riechende Stoffe durch die Luftströmung herangetragen werden. Die Verdunstung der die Nasenfläche befeuchtenden Flüssigkeit erzeugt einen leichten Kältereiz, welcher die zahlreich vorhandenen sensiblen Nerven erregt. Es veranlasst dies die Hunde und wildlebenden Wiederkäuer z. B. die Nase in die Richtung des Luftstromes einzustellen, um so die in der Luft enthaltenen Riechstoffe leichter einathmen zu können (»Witterung« aufnehmen).

4. Schleim.

Von

J. Tereg.

In ähnlicher Weise wie die Peripherie des thierischen Organismus durch die Haut, sind die inneren Flächen des Digestions-, Respirations- und Urogenitaltractus, der Kapselbänder, der Gelenke und der Sehnenscheiden (Schleimscheiden) mit einer ebenfalls als Schutz- und Secretionsorgan fungirenden »Schleimhaut« bekleidet. Der Name Schleimhaut wurde passend deshalb gewählt, weil die betreffenden membranösen Organe ein zähes, fadenziehendes Secret »den Schleim« produciren. Die Bezeichnung »Organ« trifft für die Schleimhäute ebenso zu, wie für die Schleimdrüsen. Letztere unterscheiden sich von einer Schleimhautfläche nur dadurch, dass die secernirenden Elemente in mehr oder minder ausgedehnten zusammenhängenden Gruppen von traubenförmiger, selten schlauchförmiger Gestalt angeordnet sind, während bei einer drüsenlosen Schleimhautfläche die Schleim absondernden Zellen nur vereinzelt, rings von gewöhnlichen Epithelien umlagert vorkommen. Bau und Eintheilung der Schleimhäute fand bereits im ersten Theil der Histologie Berücksichtigung (S. 232), worauf hiermit verwiesen wird.

Schleimsecretion.

Zur Erleichterung für das Verständniss der Secretion des als Schleim bezeichneten Zellproductes erscheint es nicht unvortheilhaft, zuerst die Form der secernirenden Einzelelemente in der Ruhe etwas genauer zu betrachten, um dann in die Besprechung der während der Secretion ablaufenden Veränderungen einzutreten.

Von vornherein ist zu betonen, dass jene in den Schleimhäuten disseminirten einzelligen Schleimproducenten, die Becherzellen, mit den die Schleimdrüsen bildenden Schleimzellen zwar mannigfache Analogie besitzen, nicht aber mit diesen identificirt werden dürfen.

Die Form der Becherzellen wechselt zwischen einer kugelig blasenartigen und einer mehr ellipsoiden Gestalt, in Abhängigkeit der sie umgebenden Membran, welche F. E. Schulze als Theca bezeichnet. Nahezu indifferent gegen Farbstoffe, verhält sich letztere auch gegen äussere mechanische Einwirkungen recht widerstandsfähig (Druck mittelst Präparirnadel bei Isolirung). Am distalen Ende der Zelle verlängert sich die Theca mitunter zu einem Fortsatz, welcher oft sehr weit ist und den Kern mit aufnimmt oder schmäler und länger, dann aber kernlos erscheint. Auf Grund dieses Befundes unterscheidet Schulze befusste (Kern im Anhange der Theca) und unbefusste Becherzellen (Nucleus stets innerhalb der Theca selbst). J. H. List theilt die unbefussten wiederum in gestielte und ungestielte Formen ein. Nach oben

zu verjüngt sich die Theca oft und bildet an den an die Oberfläche gerückten Becherzellen einen längeren oder kürzeren Hals, welcher der Theca ein flaschenförmiges Aussehen verleiht.

Die ungestielten Becherzellen finden sich meist zahlreicher als die übrigen in den Schleimhäuten vertreten. Ihnen fehlt jede Andeutung eines basalen Fortsatzes.

Bei den gestielten Becherzellen erscheint am basalen Ende der Theca ein Annex, der Stiel, welcher sehr variabel gestaltet ist, konisch, faden- resp. keulenförmig oder bandartig. Die in den untersten Epithelschichten vorkommenden Becherzellen zeigen stets kurze und gedrungene Stiele, je höher jene hinaufrücken, desto länger und dünner werden die letzteren. Einen Zusammenhang der Stiele mit Nervenästen zu beobachten, gelang bisher nicht.

Die befussten Becherzellen sind dadurch ausgezeichnet, dass der Nucleus stets in der unteren handhabenförmigen Fortsetzung der Theca »dem Fusse« liegt. — Uebergänge zwischen den einzelnen Zellgruppen gehören nicht zu den Seltenheiten und können manche, namentlich im Dünndarm der Vögel vertretene Formen geradezu als befusst und gestielt angesehen werden.

Innerhalb der Theca befindet sich der Zellinhalt, der aus zwei Substanzen, der Filarmasse und der Interfilarmasse, besteht. — Die Filarmasse bildet ein die Theca durchziehendes, strangartiges, leicht tingirbares Gerüstwerk in Form polygonaler oder rundlicher Maschen, welche am Grunde besonders dicht angeordnet zu sein pflegen. Eingeschlossen hiervon wird die Interfilarmasse, eine anscheinend homogene Substanz, welche Farbstoffe nur in geringer Menge aufnimmt.

Secretionsthätigkeit kann die Becherzelle nur dann entwickeln, wenn sie an die Oberfläche gerückt ist und eine Stoma erhalten hat. Sämmtliche in den tieferen Schichten des Epithels vorfindlichen Formen sind geschlossen. Die Wand der oberflächlicher gelegenen Becherzellen erhält an der der Oberfläche zugekehrten Seite ein rundliches, Anfangs kaum bemerkbares Loch (Stoma), welches sich mit der Zeit vergrössert. Vermuthlich handelt es sich hierbei um einen Resorptionsprocess in Folge des zunehmenden intracellulären Druckes. — Ausgezeichnete Objecte für das Studium der Secretion ermittelte Ebner in die Oberhaut von Forellenembryonen (Schwanzflosse) und List in den Barteln lebender Exemplare von Cobitis fossilis. Trennt man die Barteln ab und bringt dieselben schnell unter das Deckglas, so kann man aus den Stomata der im Epithel massenhaft vorkommenden Becherzellen Secretballen ausstossen sehen. Diese Secretballen ragen sehr häufig als kolbenartige, das Licht nur schwach brechende Pfröpfe aus den Stomata hervor. Theile davon bröckeln ab und nehmen danach Kugelform an, worauf sie durch Lösung in der umgebenden indifferenten Flüssigkeit verschwinden. Stets ist in dem Pfropfe eine bei schwächeren Vergrösserungen granulirt erscheinende Substanz (Filarmasse) und eine homogene Grundsubstanz (Interfilarmasse) zu bemerken. Sobald der Pfropf sich auf diese Weise verkleinert hat, rückt aus dem Stoma Inhalt wieder nach. Eingeleitet wird der Secretionsact durch eine Quellung der Interfilarmasse, welche schon vor der Bildung des Stoma in der Regel an dem oberen, dem Stoma zunächst liegenden Theil beginnt. Die Maschen der Filarmasse erscheinen erweitert und nehmen eine

der Längsrichtung der Zelle folgende gedehnte Form an mit Convergenz gegen das Stoma, bei stark erweitertem Stoma mitunter auch divergirend. Nun tritt Stomabildung ein und bald darauf die Ausstossung des Pfropfes; der Quellungsprocess schreitet allmählich nach dem basalen Ende fort und bringt immer grössere Massen zur Ausstossung. Durch den hauptsächlich in der Längsaxe der Zelle wirkenden Secretionsdruck reissen in erster Linie die queren Verbindungen des Maschenwerkes, so dass die in der Längsrichtung orientirten Stränge sehr häufig bündelartig das Stoma überragen. Schliesslich verlieren sie ebenfalls den Zusammenhang mit der noch von der Theca umschlossenen Filarmasse und werden abgestossen. Tritt die Quellung rapid ein, z. B. nach Anwendung von concentrirter Essigsäure, so reissen die einzelnen Stränge gewöhnlich mit Erhaltung der Maschen in den Knotenpunkten und werden zum Theil mit der durch das Stoma hinaustretenden Interfilarmasse hervorgedrängt. Immer überwiegt jedoch die Interfilarmasse bedeutend. Eine Formveränderung des Kerns ist während der Secretion nicht zu beobachten; die gegentheiligen Angaben von Schiefferdecker erklärt List herbeigeführt durch eine Verwechselung verschiedener Entwickelungsstadien mit Functionszuständen.

Die Becherzelle secernirt nicht nur einmal, sondern dieselbe ist im Stande, wiederholt Inhaltsmassen zur Ausstossung zu bringen in Folge allmählichen Fortschreitens des Quellungsprocesses, bis schliesslich die Becherzelle selbst ausgestossen wird, ein Vorgang, welcher im Zusammenhang mit der Regeneration des Epithels steht. Die im Ausstossungsstadium befindliche Theca erhält durch den Druck der unter und neben ihr befindlichen Epithelzellen Einbuchtungen, wird allmählich flacher und trennt sich endlich ab. In solchen ins Freie gelangten Becherzellen kann man stets noch die allerdings oft sehr verzerrten Maschen der Filarmasse beobachten. Bei sehr lebhafter Regeneration des Epithels werden auch Becherzellen mit zur Ausstossung kommen, welche noch secretionsfähig sind; darauf deuten solche Beobachtungen hin, bei welchen man im unteren Theile der zur Ausstossung kommender Theca Filar- und Interfilarmasse noch völlig intact antrifft.

Das Vorkommen der Becherzellen beschränkt sich nicht allein auf Schleimhäute, welche mit Cylinderzellen ausgekleidet sind (Darm, ebenso eine Partie der Conjunctiva (Waldeyer), besonders in der Umgegend der Thränenkarunkel — Franck) oder mit flimmernden Cylinderepethelien (Respirationstractus, Kopfhöhlen), sondern es finden sich dieselben auch in den mit Plattenepithelien versehenen Schleimhäuten (Conjunctiva des Sperlings, Eimer, namentlich aber in dem mehrschichtigen Plattenepithel der Kaltblüter). Die Menge der an den einzelnen Localitäten nachweisbaren Becherzellen unterliegt mannigfachen Schwankungen. Im Dünndarm von Pflanzenfressern z. B. (Rind, Schaf, Kaninchen) lassen sich an den Zotten im Allgemeinen weniger Becherzellen beobachten als im Darm von Fleischfressern (Hund, Katze), ferner sind individuelle Schwankungen zu berücksichtigen, welche nicht

grade zu den Ausnahmen gehören (Dünndarm des Kaninchens, List). F. E. Schulze führt von Orten, an welchen sich niemals Becher finden, an: das Cylinderepithel der weiblichen Geschlechtsorgane, das Epithel der Gallenblase und der Gallenwege. An den letztgenannten Partien lässt sich jedoch ein schleimiges, die Oberfläche deckendes Secret ganz unzweifelhaft nachweisen. Es drängt sich hiernach die Frage auf, giebt es noch andere Zellen ausser den Becherzellen, welche Schleim zu produciren im Stande sind?

Diese Frage darf wohl unbedingt im bejahenden Sinne beantwortet werden. Bekannt ist in dieser Beziehung das einfache Cylinderepithel des Cervix ulteri, namentlich bei Wiederkäuern. Man kann hier auf Schnitten, welche die zähe, den Cervicalkanal verstopfende Schleimmasse zu enthalten pflegen, die Secretionsströmchen bis zu den einzelnen secernirenden Zellen verfolgen. Desgleichen sind hierher zu rechnen die cylindrischen Oberflächenepithelien des Magens, deren Inhalt häufig ein Reticulum (Filarmasse) erkennen lässt. Charakteristisch für dieselben ist der Umstand, dass nur der nach dem Lumen des Hohlorgans gelegene Theil der Zelle schleimig metamorphosirt. Nach Ausstossung des Secretes gleichen diese Zellen halbgefüllten Düten mit freier Eingangsöffnung, deren regenerative Füllung von dem Plasma aus geschieht, welches den Kern umigebt. Aehnliche Veränderungen stellte Rubeli an den Zellen der Schlundschleimdrüsen der Carnivoren fest, während beim Pferd, Schaf, Schwein, Huhn und Taube sich vorwiegend ganze Zellen aus dem epithelialen Verband loslösen und sich dem schleimigen Secret beimischen. Eine besondere Stellung nehmen die in den Lieberkühn'schen Krypten des Dünn- und Dickdarms vorkommenden becherähnlichen Zellformen ein. In ihrem Habitus an Becherzellen erinnernd, verhalten sie sich bezüglich ihres inneren Baues und der Regeneration des Inhalts, wie die erwähnten Schleimzellen der Magenoberfläche. Heidenhain bezeichnet dieselben gradezu als Becherzellen. Zahl und Vertheilung zwischen den Drüsenzellen der Dünndarmcrypten wechselt in hohem Grade. Oft fehlen sie ganz; häufig treten sie vereinzelt in der Gegend des oberen Schlauchendes, mitunter, aber selten auch in dem unteren Schlauchende auf. Ganz im Gegensatz zu dem sparsamen Vorkommen der Schleimzellen im Dünndarm bilden sie in den Drüsen des Dickdarms die überwiegende Majorität, ja z. B. im Mastdarm des Kaninchens die allein vorhandene Zellform, während sie beim Hund mit gewöhnlichen, allerdings durch Compression seitens der Becherzellen deformirten Cylinderzellen abwechseln. Nach starker, durch Pilocarpininjection hervorgerufenen Secretion findet man den glashellen Inhalt entleert, unter gleichzeitiger Zunahme des Protoplasma und der für alle Drüsenzellen bei starker Thätigkeit typischen Veränderung ihres Kerns. Im Anschluss hieran ist hervorzuheben, dass auch unter Einwirkung gewisser Reagentien, sowohl in Cylinder-, wie in geschichteten Pflasterepithelien becherähnliche Gebilde entstehen können, weshalb eine Reihe von Autoren

(Dönitz, Erdmann, Lipsky, Sachs etc.) die Becherzellen für Kunstproducte halten, während andere (Arnstein, Klein, Partsch, Patzelt, v. Wittich, Paneth) der Ansicht zuneigen, das Protoplasma von Zellen, welche an freie Oberflächen angrenzen, könne sich so umändern, dass die Becherform allmählich entsteht und vice versa. Vom ersteren Gesichtspunkte aus ist ganz besonders auf den zur Isolation vielfach benutzten Drittel-Alkohol aufmerksam zu machen, dem die angedeutete Eigenschaft zukommt. Auch Chromsäure oder doppeltchromsaures Kali soll in dieser Richtung wirken (Lipsky, Erdmann), ebenso Oxalsäure (v. Wittich). Hält man diese und die oben erwähnte Thatsache der Zustandsänderung der becherähnlichen Zellen bei der Secretion zusammen, so wird die vielfach schwankende Meinung über die Herkunft derselben erklärlich. Jedenfalls hat die Ansicht, die Schleim secernirenden Zellformen als Zellen sui generis und zwar als einzellige Drüsen aufzufassen (Fries, Oedmansson, F. E. Schulze u. s. w.) vieles für sich. Für die wahren Becherzellen kann es nach den Untersuchungen von Drasch, Kölliker, List u. A. als erwiesen gelten, dass sie sich von vornherein aus den zu Formveränderungen leichter geneigten Zellen der unteren Epithellagen hervorbilden. Unter welchen Umständen eine Metamorphose ausgebildeter Cylinderzellen in becherähnliche Zellen eintritt, ist noch unaufgeklärt. Eine gewissermassen vermittelnde Stellung nimmt Steinhaus ein. Er fasst die Becherzellen theils als schleimig degenerirte Epithelzellen auf, theils als einzellige Schleimdrüsen. Enthalten sie nur einen Kern, so gehen sie nach Ausstossung des nucleinhaltigen Mucins zu Grunde; waren zwei Kerne vorhanden, so regeneriren sie sich und functioniren wie eine Drüse.

Durch bestimmte Formunterschiede zeichnen sich jene Schleimzellen von der bisher erwähnten aus, welche die in den Schleimhäuten vorkommenden kleineren und die grossen zusammengesetzten Schleimdrüsen bilden. List untersuchte mit 0,5 proc. Osmiumsäure isolirte Schleimdrüsenzellen und constatirte eine doppelt contourirte Membran, versehen mit Einbuchtungen und Einkerbungen resp. kleinen Zacken (Ueberreste gerissener Intercellularbrücken), deren Inhalt wie bei den Becherzellen aus Filar- und Interfilarmasse besteht; niemals häuft sich indess erstere am Grunde der Zelle in der Weise an wie bei den Becherzellen. Der Kern zeigt ein deutliches Kerngerüst und liegt sehr häufig fern von der umhüllenden Membran. Nicht selten findet sich ein als Stiel bezeichneter Fortsatz der Zellmembran vor. Am proximalen Ende der Becherzellen zeigen sich gewöhnlich Stomata. Im Secret das den gemeinsamen Ausführungsgang der Acini füllt, lassen sich nach gelungener Tinction in Wellenlinien sich hinschlängelnde Fäden der Filarmasse nachweisen. Eine eigenthümliche Stellung nehmen die Epithelien der Bowman'schen Drüsen ein. Innerhalb desselben Drüsenschlauches finden sich Epithelien, welche als charakteristisch für Schleimdrüsen und Eiweissdrüsen gelten. Hierin liegt nichts Besonderes, da wir dasselbe Verhalten bei verschiedenen

Maulschleimhautdrüsen ebenfalls antreffen, der Hauptunterschied besteht darin, dass Drüsenzellen vorkommen, welche beide Charaktere in sich vereinigen, derart, dass jede dieser Zellen aus einer an das Lumen des Drüsenschlauches angrenzenden Schleimzone und einer der Schleimhaut aufsitzenden kernhaltigen Plasmaschicht besteht. Paulsen, welcher sie beim Pferd, Kalb, Ziege, Schwein und Hund nachwies, nennt sie Uebergangsepithelien.

Beschaffenheit des Schleimes.

Die erwähnten vielfachen morphologischen Unterschiede unter dem secernirenden Zellmaterial deuten schon von vornherein darauf hin, dass von den verschiedenen Schleimhautpartien nicht ein gleichartiges Secret zu erwarten ist.

Das gelieferte Product, der Schleim reagirt meist alkalisch, ist geschmack- und geruchlos und von verschiedener Consistenz, bald gallertartig dick (portio cervicalis), bald wässrig-fadenziehend, je nach dem Grade der Verdünnung durch andere Absonderungsproducte (Galle, Harn). An und für sich ist der Schleim hell, durchscheinend, selbst glasartig, durch beigemischte Formelemente (abgestossene Epithelien, farblose Rundzellen, freie Zellkerne resp. Zelltrümmer) weissgrau und opak. Schleim aus den Respirationswegen kann durch beigemengte Kohlestaubtheilchen schwarzgraue Färbung erhalten. In Harn und Galle richtet sich die Farbe der Schleimmassen nach der des Gesammtproductes, in der Synovia erscheint derselbe gelblich.

Bestandtheile.

Als charakterischer, die physikalischen Eigenschaften des Schleims bedingender Bestandtheil ist das Mucin zu bezeichnen. Die Menge desselben variirt im frischem Schleim ziemlich bedeutend. In der Synovia sind nachgewiesen 0,3—0,6 pCt., im Magenschleim (vom Fötus) 0,44 pCt., im Lungen- und Trachealschleim 2,4—3,2 pCt., im Nasenschleim 5,3—8,4 pCt., im Cystenschleim ca. 10 pCt.

Das Mucin besitzt nicht in jeder Schleimart dieselbe Zusammensetzung, so dass man von Mucinen zu sprechen berechtigt ist. Durchschnittlich enthalten dieselben C 50,3, H 6,84, N 13,62, S 1,71, O 27,52; Analysen verschiedener Beobachter (v. Gorup, Eichwald, Mulder, Scherer, Obolensky, Kemp) gewähren Anhaltspunkte für die Annahme, dass es auch S-freie Mucine giebt. Die constatirten Abweichungen sind hauptsächlich auf die Variabilität des in den verschiedenen Mucinen enthaltenen Eiweiss oder eiweissähnlichen Körpers zurückzuführen. Ausser dem Eiweiss kommt im Mucinmolecül ein von Landwehr als thierisches Gummi bezeichnetes Kohlehydrat vor und kann man das Mucin zu den Glycosiden rechnen, da durch Kochen mit verdünnten Mineralsäuren oder erhöhtem Druck eine Zerlegung in die beiden erwähnten Bestandtheile durch Hydratation eintritt. Eine wirkliche Lösung des Mucin im Schleim ist nicht zu constatiren, sondern nur eine Imbibition durch die vorhandene Flüssigkeit, wodurch eine sogenannte Micellarlösung (cf. Kohlehydrate) gebildet wird. Dieses Verhalten ist wesentlich durch die im Schleim enthalten Alkalien bedingt. Das Mucin wird durch Essigsäure und bereits erwähnte Reagentien

(cf. zusammengesetzte Eiweisskörper) gefällt. Gegenwart von grösseren Mengen der Salze von Alkalien können die Ausfällung des Mucin durch Essigsäure verhindern.

Ueber die Entstehung des Mucin innerhalb der Schleim bereitenden Zellen sind die Ansichten noch getheilt. Mikrochemische Reactionen deuten darauf hin, dass der Zellinhalt nicht in allen Fällen von gleicher Beschaffenheit ist. Behandelt man frische oder in Alkohol gefärbte Präparate von Schleimdrüsen oder Becherzellen enthaltenden Schleimhäute mit concentrirter Essigsäure, so trübt sich der Inhalt, während z. B. bei Einwirkung der Essigsäure auf Magenschleimhaut die Oberflächenepithelien aufquellen und zwar in ihrer ganzen Substanz. Heidenhain führt diese Verschiedenheit in der Reaction auf den Unterschied im Eiweissgehalt der Zellen zurück und zwar auf Grund von Beobachtungen an solchen Schleimdrüsenzellen, die in Folge erhaltener Thätigkeit an Mucin verarmt und an Albuminaten bereichert sind: hier bewirkt concentrirte Essigsäure nicht mehr Trübung und event. Schrumpfung, sondern Quellung und Aufhellung. Einen ähnlichen Wechsel zwischen einem protoplasmareichen und schleimgefüllten Zustande setzt Schiefferdecker auch bei den Becherzellen voraus. Dieser Annahme wird von List widersprochen, mit dem Hinweis darauf, dass bereits bei den in tieferen Zellschichten nachweisbaren geschlossenen, also noch nicht functionirenden Becherzellen ein wohl ausgebildetes Maschenwerk, das Schiefferdecker gradezu als die mucigene Substanz bezeichnet, vorhanden ist. In solchen Zellen trübt sich ausserdem auch die Interfilarmasse, ein Beweiss, dass Mucin bereits in den Zellen vorhanden ist, bei welchen von einer durch die Secretion bedingten Zustandsänderung noch nicht die Rede sein kann. Sussdorf ist geneigt, die Schleimbildung mit der Interfilarsubstanz in Verbindung zu bringen. Trotzdem wird man nicht umhin können, die Frage, ob die Interfilarmasse oder die Filarmasse oder beide zusammen als Mucin zu bezeichnen sind, zur Zeit als eine offene zu betrachten. Nach Steinhaus soll die Schleimbildung am Darmepithel des Salamanders innerhalb der Zellkerne vor sich gehen. Der degenerirende Kern nimmt, wie St. angiebt, Plasma auf und bildet den Inhalt der Bechertheka, indem gleichzeitig das Kerngerüst sich in eine homogene Masse auflöst.

Von anderweitigen organischen Bestandtheilen kommt Albumin, nicht Fett, im normalen Schleim nur in Spuren vor, beide treten jedoch bei catarrhalischen Zuständen in grösserer Menge auf. — Unter den Mineralbestandtheilen herrscht das Chlornatrium vor; neben diesem findet sich in der Asche hauptsächlich kohlensaures Alkali (dessen Basis an Mucin gebunden ist — Lehman) und etwas phosphorsaures und schwefelsaures Alkali neben Erdphosphaten. Die Salze des Schleims betragen 0,5—0,8 pCt., die gesammten festen Bestandtheile 1,4—12 pCt.

---

5. Thränen.

Von

J. Tereg.

Die Thränenflüssigkeit wird geliefert von einer platten, gelbrothen Drüse von acinösem Bau, welche noch innerhalb der Periorbita ihre Lage hat. Alle Säugethiere, mit Ausnahme der Cetaceen sind im Besitz einer Thränendrüse, welche mitunter isolirte Abtheilungen bildet. Dieselbe wird zu den Eiweissdrüsen gerechnet und zeigt dementsprechenden Bau. Die kegelförmigen oder cylindrischen Drüsenzellen erscheinen im Ruhezustande mässig getrübt und sind mit glatten oder unregelmässig zackigen Kernen versehen. Nach längerer verstärkter Absonderung tingiren sich Schnitte der in Alkohol gehärteten Drüse in Carmin intensiver, die Zellen sind verkleinert, stark getrübt, die Zellgrenzen verwischt, ihre Kerne rund, Veränderungen, welche eine Analogie mit der Parotis begründen (Reichel).

Nerveneinfluss.

Durch directe Reizung des Nervus lacrymalis wird starke, durch die des Subcutaneus malae weniger starke Secretion hervorgerufen. Man muss annehmen, dass die Trigeminuswirkung unabhängig von der Blutzufuhr durch directe Einwirkung auf die Drüsenzellen zu Stande kommt, denn Czermak constatirte Thränenabsonderung durch Reizversuche am durchsägten Kaninchenkopf und Herzenstein u. A. nach Carotiscompression. Wolferz und Demtschenko beobachteten stets auch nach Sympathicusreizung, selbst nach vorangegangener Trigeminus-Durchschneidung deutliche Vermehrung der Thränenabsonderung. Im Gegensatz zu den hellen klaren Trigeminusthränen findet Demtschenko das Sympathicussecret trübe. Nach Frerichs unterscheiden sich die im Lacrymalis verlaufenden sympathischen Fasern von den breiteren Trigeminusnervenfäden durch ihren geringeren Querdurchmesser. Im normalen Zustand werden die Thränen continuirlich producirt und zwar in solchen Mengen, dass dieselben ausreichend sind, die Vorderfläche der Cornea mit einer capillaren Flüssigkeitsschicht zu benetzen. Eigenthümlicherweise stellt sich nach Durchschneidung der vom Trigeminus herrührenden Nerven innerhalb einiger Tage erneute Secretion und zwar in verstärktem Maasse ein, ein Vorgang, welcher an die paralytische Secretion der Speicheldrüsen erinnert (Herzenstein). Arloing nimmt im Halssympathicus neben excitosecretorischen auch frenosecretorische Nerven an; nach Durchschneidung des Halsstranges nimmt die Secretion der Thränendrüse zu. Wenn man Pilocarpin injicirt, fliesst auf der durchschnittenen Seite das Dreifache an Thränenflüssigkeit. Reflectorische vermehrte Absonderung wird durch Reizung aller

sensiblen Hirnnerven, ebenso der ersten spinalen Nerven, dagegen nicht von den mehr caudalwärts gelegenen Spinalnerven aus hervorgerufen. Unter pathologischen Verhältnissen tritt Hypersecretion als Begleiterscheinung von entzündlichen Zuständen der in der Augenhöhle gelegenen Organe ein (Demtschenko). Beiderseitige reflectorische Vermehrung der Absonderung lässt sich auch erzielen durch einseitige Opticusreizung (directes Sonnenlicht). Verstärkte Absonderung als Folge psychischer Affecte (Freude, Angst, Furcht, Zorn) wird ausschliesslich beim Menschen beobachtet, so dass man die Existenz von Fasern anzunehmen genöthigt ist, welche der Corona radiata angehören und mit dem sensiblen Trigeminuskern im Zusammenhang stehen müssen.

Abführende Wege.

Das unter gewöhnlichen Verhältnissen gebildete Secret strömt dem medialen Augenwinkel zu und wird durch die Thränenkarunkel beim Augenlidschluss aus dem Thränensee nach den Thränenröhrchen zu fliessen gezwungen. Die Fortbewegung durch letztere geschieht einerseits durch Capillarattraction, andererseits durch eine vis a tergo, welche dadurch entsteht, dass an der Ausmündung des Thränenkanals in der Nase periodisch der Luftdruck bei der Inspiration erniedrigt wird. Muskelelemente und Flimmerzellen fehlen bekanntlich an den Thränenröhrchen. Nach den Versuchen von Kitt ist es im höchsten Grade wahrscheinlich, dass nur ein geringer Theil der Thränen im Nasenloch zum Abfluss gelangt, während die grössere Quantität im Thränencanale selbst, hauptsächlich in der ampullenförmigen Erweiterung zur Resorption gelangt. Gestützt wird diese Ansicht durch die exquisit lymphoide Beschaffenheit der Mucosa im Thränenkanal, in deren Lymphräumen sich schon nach wenigen Minuten zinnoberhaltige Flüssigkeit, zeigte, welche vorher von K. in den Conjuctivalsack gebracht war; nur geringste Mengen gelangten zum Abfluss. Bei eintretender Hypersecretion reichen die gewöhnlichen Abzugskanäle zur Bewältigung des zuströmenden Secretes nicht aus, weshalb die Thränen über die Wangen abfliessen und nicht selten zur Bildung haarloser Stellen Veranlassung geben, namentlich bei chronischen Augenleiden.

Beschaffenheit.

Die Thränen stellen eine nahezu klare, alkalisch reagirende Flüssigkeit dar, von schwach salzigem Geschmack, welche nach einer Analyse von Lerch aus 98,2 pCt. Wasser und 1,8 pCt. festen Theilen besteht. Die organischen Bestandtheile werden gebildet von 0,5 pCt. Albumin und Spuren von Mucin, herrührend von den Becherzellen der Conjunctiva und Fett, letzteres von den Meibom'schen Drüsen abstammend. Die anorganischen Bestandtheile betragen 1,3 pCt., wovon Chlornatrium den Hauptbestandtheil ausmacht; Alkali und Erdphosphate kommen nur spurweise vor. Von morphotischen Elementen enthält die Thränenflüssigkeit spärliche Rundzellen und abgestossene Epithelzellen der Conjunctivalschleimhaut.

---

6. Epidermis und Epidermoidalproducte.

Von

J. Tereg.

Die gesammte Oberfläche der Haut unterliegt einer fortwährenden Abschilferung; die äussersten Epidermisschichten vertrocknen und lösen sich in mehr oder weniger grossen Schollen ab. Eintrocknung ist jedoch nicht gleichbedeutend mit dem Verhornungsprocess, denn wir sehen Verhornung ebenfalls eintreten an Stellen, die niemals aufhören befeuchtet zu sein, so an der Epidermis der im Wasser lebenden Säugethiere, beim Fötus etc. Quantitativ lässt sich der tägliche Verlust an Epidermis allein nicht in allen Fällen sicher ermitteln, weil Verunreinigung der Hautoberfläche durch Staub etc., Beimengung von Haaren, Schweissresiduen, schwer zu beseitigende Fehlerquellen bilden. Von einem 4jährigen Pferde konnte Valentin im Winter durch einmaliges gründliches Striegeln an zwei aufeinanderfolgenden Tagen 5,91 resp. 4,9 *g* eines schmutzig grauen, voluminösen Pulvers gewinnen mit einem Aschengehalt von 22,3—28 pCt. Das Vorhandensein dieser grossen Aschenmenge lässt sich aus den fremden Beimengungen leicht erklären. Die Asche des Rohmaterials besteht aus Chlorkalium und Natrium, schwefelsauren Alkalien, neben relativ bedeutenden Mengen an phosphorsaurem Kalk und Magnesia, nebst Spuren von Eisenoxyd. Durch Extraction der ursprüglichen Masse mit heissem Wasser gewinnt man eine ziemlich weisse, pulverige Substanz, welche vorzugsweise aus Oberhautschüppchen besteht; in dem wässrigen Auszuge sind unter den löslichen Salzen auch Ammoniumverbindungen nachzuweisen. Anselmino, dessen Untersuchungen wir einige Aufschlüsse über die Zusammensetzung des abgestriegelten Materials verdanken, befand sich in der irrthümlichen Meinung, dass er eingetrockneten Schweiss vor sich habe. Man hat sich bemüht, aus dem organischen Rückstand characteristische chemische Substanzen zu gewinnen und glaubte in dem nach Erschöpfen mit kochendem Wasser, Alkohol und Aether übrig bleibenden Körper, welcher sich auch auf die gleiche Weise aus Haaren, Federn, Horn der Hufe und Klauen etc. darstellen lässt, eine Modification des Eiweiss, mit constanter Zusammensetzung gefunden zu haben, die mit der Bezeichnung Keratin belegt wurde. Die bisherigen Untersuchungen lassen indess eine Uebereinstimmung in dem Procentgehalt der Elementarbestandtheile nicht erkennen.

Es enthalten 100 Theile Keratin von:

	Epidermis (Mulder)	Schafwolle (Scherer)	Kuhhorn (Tilanus)	Pferdehufhorn (Mulder)	Klauenhorn (Mulder)	Federn (Gorup-Besanez)
C	50,28	50,65	51,03	51,41	51,10	52,46
H	6,76	7,03	6,80	6,96	6,77	6,96
N	17,21	17,71	16,24	17,46	17,28	17,72
O	25,01	24,61	22,51	19,49	20,25	22,87
S	0,74		3,42	4,23	4,60	

Diese Inconstanz spricht sich besonders deutlich im Schwefelgehalt aus und ist höchst wahrscheinlich, wie Horbaczewski genauer ermittelte, auf die continuirliche Zersetzung des Horns im feuchten Zustand zurückzuführen. Selbst lufttrockenes Horn im verschlossenen Gefässe aufbewahrt, riecht schon nach einem Tage nach H_2S. Angefeuchtete Hornspähne, welche zuerst 3,04 pCt. S enthielten, gingen nach 14 Tagen auf 2,92, nach 4 Wochen auf 2,85 pCt., nach 6 Wochen auf 2,78 pCt. S zurück. Hoppe-Seyler erhielt durch Erhitzen mit Barytwasser im zugeschmolzenen Glasrohr auf 120° den Schwefelgehalt fast ganz als $Ba(SH)_2$ unter Ammoniak-Entwickelung, weshalb derselbe den Schwefel in der Verbindung $- C = S$, NH_2 vermuthet. Schwache Lösungen von Kali und Natronlauge (1 pCt.) bewirken leichte Quellung der Hornsubstanz, Lösungen mittlerer Concentration starke Quellung resp. Auflösung. In starken Lösungen zeigt sich eine deutliche Differenz zwischen Kali- und Natronlauge insofern, als sich letztere ganz indifferent verhält, während Kalilauge auch in diesem Falle zerstörend einwirkt, wenngleich etwas langsamer als in mittlerer Concentration,

Kochen mit concentrirter Schwefelsäure löst Horn auf, desgleichen Wasser im überhitzten Zustand. Das Neutralisationspräcipitat aus saurer Lösung giebt an 5 proc. Kochsalzlösung eine Substanz »Keratinose« ab, die in reichlicher Menge auch aus dem Filtrate der Neutralisationsniederschläge durch Sättigung mit Ammoniumsulfat und Dialyse zu gewinnen ist. Die Keratinose zeigt deutliche Biuretreaction (cf. Eiweissreactionen bei dem Abschnitt Nährstoffe) und wird von Salz-, Salpeter- und Metaphosphorsäure wie von Essigsäure gefällt. Die Niederschläge lösen sich beim Kochen und erscheinen in der Kälte wieder. Die Keratinose ähnelt also sehr der Hemialbumose, doch reagirt sie weder auf die Kochprobe mit concentrirter Salzsäure noch auf die Adamkiewicz'sche Reaction. Peptische Verdauung führt die Keratinose in Keratinpeptone über (Krukenberg).

Mit concentrirter Salzsäure und Zinnchlorur gekocht, liefern Hornspähne, 16 bis 18 pCt. Glutaminsäure, 15 pCt. Leucin, 3—4 pCt. Tyrosin und 0,2 pCt. Asparaginsäure, ausserdem NH_3 und H_2S. N-lose Zersetzungsproducte, wie solche aus anderen Albuminoiden, Mucin und Chondrin, zu erhalten sind, fehlen. Als Endproduct der Einwirkung concentrirter Salpetersäure nach Erhitzen tritt Oxalsäure auf.

In allen Epidermoidalgebilden kommen durch Aether, Chloroform, Schwefelkohlenstoff etc. extrahirbare fettige Substanzen vor, welche theilweise auf das Secret der Talgdrüsen zu beziehen, theils als integrirende Bestandtheile der verhornten Zellen zu betrachten sind. Schon seit der Erkenntniss von dem Vorhandensein zweier Zellschichtgruppen in dem Rete Malpighi, eines Statum mucosum oder germinativum und eines Stratum granulosum (Langerhans'sche Schicht) erregte das Verhalten der letzteren allgemeine Aufmerksamkeit.

Diese schmale an der Haut aus 2—3 Schichten bestehende Zone besteht aus flachen Zellen, deren Kerne mit kugeligen oder elliptischen Körnchen einer Substanz umgeben sind, die man als Zwischenstufe zwischen Protoplasma und Keratin angesehen hat. Ranvier nannte

dieselben Eleidin, Waldeyer Keratohyalin. Die Befunde Liebreich's, dem es gelungen war, auch aus Epidermoidalgebilden solcher Thiere, welche keine Talgdrüsen enthalten (Haare von Bradipus etc.) ein Fett und zwar Cholesterinfette zu erhalten, regte zur Prüfung der Frage an, ob das Statum granulosum solche einschliesse. Mittelst mikrochemischer Anwendung der Liebermann'schen Reaction (mit Essigsäure-Anhydrid und concentrirter Schwefelsäure) wies G. Lewin die Identität der erwähnten Körner mit einer Cholesterinverbindung nach. Ganz analog wie die »Eleidinschicht« der gewöhnlichen Haut verhält sich in chemischer Hinsicht die mächtig entwickelte Onychinschicht Ranvier's am Hufe, der Kastanie, den Krallen etc., auch diese giebt die Cholestolreaction.

In Schleimhäuten, welche mit verhorntem Epithel ausgestattet sind, sieht man je nach dem Grade der Verhornung bald mehr bald weniger »Keratohyalin-«Körner. Bei Anwesenheit von vorspringenden Papillen wird die Lage der entsprechenden Zellschicht etwas unregelmässig (Severin). Ob ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten der Cholesterinkörnchen und dem Verhornungsprocess besteht, ist noch fraglich. Waldeyer und Liebreich nehmen einen solchen an. Jedenfalls sind die nachgewiesenen Cholesterinverbindungen als nekrobiotische Producte aufzufassen, zu deren Entstehung der Verhornungsprocess Veranlassung zu geben vermag. Worin der Anstoss zur Verhornung liegt, ist unbekannt. Um eine beliebte Redensart zu gebrauchen, könnte man sagen, die Zellen des äusseren Keimblattes, speciell des Strat. germinativum, seien zur Verhornung »prädisponirt«, aber auch nur diese, denn von Abkömmlingen der übrigen Keimblätter fehlt jeglicher Nachweis hierfür.

Die Disposition zur Verhornung erscheint bei manchen Hautkrankheiten (Syphilis der Haut) partiell gestört; man findet dann die Granulosa-Schichten in starker Wucherung begriffen, ebenfalls »Keratohyalin« enthaltend aber das Stratum corneum atrophisch (Lewin), Thatsachen, welche zu Analogieschlüssen bezüglich des »Strahlkrebs« gradezu herausfordern.

Die zur Abstossung gelangenden verhornten Epithelien der meisten epidermoidalen Producte enthalten Pigment, über dessen Herkunft Untersuchungen von Riehl, Aeby und Ehrmann Aufschluss gegeben haben. Hiernach entsteht das Pigment nicht durch metabolische Thätigkeit des Plasma der Retezellen, sondern die Pigmentbildung findet ausschliesslich im Corium statt; amorphes auf Blutfarbstoff zurückzuführendes Pigment wird in activ beweglichen Coriumzellen, welche bei Säugern in der reichlich vascularisirten Papillarschicht unmittelbar unter der Epidermis gelegen sind, in körniges Pigment umgewandelt. Von hier aus vollzieht sich der Transport nach der Epidermis theils unmittelbar durch Fortsätze, welche die basalen Zellen des Rete in die Cutis hineinsenden (unmittelbare Uebertragung), theils durch Wanderzellen, welche mit Pigment beladen in die Epidermis vordringen (mittelbare Uebertragung). Letzterer Modus kommt für die Haut überwiegend, für die

Haare ausschliesslich in Betracht. Es geht dies daraus hervor, dass beim Ergrauen der Haare die Pigmentträger vermisst werden; obgleich die Zellen in der Haarpapille das Pigment noch weiter bilden, bleibt das Haar dennoch ungefärbt.

Haarverlust. In der Regel findet ein zweimaliger periodischer Haarwechsel während des Jahres in grösserem Umfange statt, im Herbst und im Frühjahr. Dies trifft jedoch nicht für alle Haarsorten zu. Der feine unter dem Dickhaar befindliche Flaum der Ziegen und einiger Schafracen sprosst nur im Herbste hervor und fehlt im Sommer. Manche Haare unterliegen überhaupt keinem Wechsel, so namentlich die Schweif- und Mähnenhaare beim Pferd, die Haare in der Schweifquaste des Rindes und die Borsten des Hausschweines. Nur Fohlen wechseln während der Wachsthumsperiode Schweif- und Mähnenhaare, zuweilen auch säugende Stuten die Mähne. Von den Schafen scheinen einige Racen (Negretti und Southdown), besonders in weniger gepflegtem Zustande einen ziemlich regelmässigen Haarwechsel zu haben. Wenn im Vliess ein Wechsel bei einem grösseren Theil der Haare stattfindet, so kann dies geschehen, ohne dass es in der Stapelbildung auffällt, da durch den Fettschweiss die Haare zusammengehalten werden. Von demjenigen Haar, welches das Lamm bei der Geburt trägt, fällt das meist vorhandene rauhe Ueberhaar des Körpers, ebenso das Haar im Gesicht und an den Beinen später aus. Das Ueberhaar ersetzt sich nicht oder doch nur bei einigen Individuen und wird dann als Stichelhaar bezeichnet. Bei Schafen wird die Haarbekleidung, das Wollvliess in jedem Jahr einmal (Einschur-Wolle) oder zweimal (Zweischur-Wolle) durch Abscheeren entfernt. Das Schurgewicht der einschurigen Vliesse schwankt nach Angabe von Jeppe durchschnittlich zwischen 1—2 *kg*, einzelne erreichen eine Schwere von 4 *kg*. Damit ist jedoch nicht gesagt, dass dieses Gewicht ausschliesslich auf Haarverluste zu beziehen ist, da der Wolle der Fettschweiss noch anhaftet. Aus einigen in den Berichten über Vliessausstellungen mitgetheilten Untersuchungen geht hervor, dass die Vliesse durch Reinwäsche möglichst vollständig entfettet (nicht Fabrikwäsche, wobei der Fettrückstand kein unbedeutender ist) an Haarsubstanz liefern:

Schwerschweissige im Durchschnitt	. . . . .	25 pCt.
» vereinzelt	. . . .	14 »
Leichtschweissige im Durchschnitt	. . . . .	45 »
» vereinzelt	. . . .	50 »

Das Maximum der jährlich producirten Wolle beträgt also ungefähr die Hälfte des Schurgewichtes.

Bei Rindern bestimmte Grouven für einen Zeitraum von 14 Monaten den Haarverlust. Die durchschnittliche tägliche Abgabe an Haarsubstanz von je drei Ochsen bei magerer Fütterung betrug im Februar, März, April 4,8 *g*, in den übrigen Monaten, unter welchen der October etwas stärker hervortritt, 2,1 *g*. Am relativ geringsten war der Haarverlust in den Wintermonaten. In runder Summe beläuft sich also

die jährliche Ausgabe an Haarsubstanz beim Rind auf 1 *kg*. Bei einem 700 *kg* schweren Versuchsochsen bestimmte Henneberg von Mai bis August den täglichen Haarverlust etc. zu 15—19,5 *g*. Für einen Hund von 30 *kg* wurde von Voit der tägliche Verlust an Haaren (incl. Epidermisabschuppung) zu 1—2 *g* ermittelt.

Bei den Vögeln kommt wenigstens einmal im Jahre ein Federwechsel vor (Mauserung). Gewöhnlich fällt die Mauserung in den Spätsommer oder Herbst. Das Ausfallen der Flügel und Schwanzfedern geschieht allmählich oder ziemlich plötzlich, wie z. B. bei manchen wilden Enten und Gänsen, so dass das Fliegen für einige Zeit unmöglich wird. Von dieser durchschnittlich 4—6 Wochen dauernden Herbstmauser, ist die sog. Frühlingsmauser zu unterscheiden. Das Winterkleid ersetzt sich hierbei nur theilweise, meist unter Annahme lebhafter Farben.

In chemischer Hinsicht zeichnen sich Haare und Federn durch ihren constanten Kieselsäuregehalt aus, dessen Abhängigkeit von der Nahrung für Federn von Gorup-Besanez nachgewiesen ist, wie sich aus nachstehender Uebersicht ergiebt:

Haare von	In 100 Theile Substanz		In 100 Theile Asche
	Asche	Kieselsäure	Kieselsäure
Pferden	1,46	0,21	14,6
Ochsen	4,83	0,52	10,8
Schafen	3,23	0,29	8,3
Ziegen	1,95	0,18	9,4
Federn von			
Körnerfressenden Vögeln	4,84	1,98	40,0
Fleischfressenden Vögeln	2,16	0,64	27,0
Beeren- resp. Insectenfressenden Vögeln	2,62	0,75	27,0
Fischfressenden Vögeln	2,41	0,23	10,5

Nach Weiske stellt sich der Aschengehalt der trockenen fettfreien Federn niedriger als angegeben; in Hühnerfedern fand er 0,88—2,19 pCt., in Federn von Raubvögeln 0,4—0,64 pCt.

Einige Untersuchungen über physikalische Eigenschaften der Haare liegen von M. Göldner vor. Ein Pferdeschweifhaar von 45 bis 50 *cm* Länge besitzt eine Tragfähigkeit von 510 *g* und eine Dehnbarkeit von 8 *cm*. Mähnenhaar, 35—40 *cm* lang, zeigt 480 *g* Tragfähigkeit, 3 *cm* Dehnbarkeit; Ochsenhaar von 30 *cm* Länge 270 *g* Tragfähigkeit. 2,5 *cm* Dehnbarkeit. In 15 proc. Kalilauge quellen Schweifhaare bedeutend stärker als Mähnen-, Fessel- oder Ochsenhaare (innerhalb 12 Stunden).

Die Abnutzung des Huf- und Klauenhorns hält mit dem Wachsthum nicht immer gleichen Schritt. Wo die Gelegenheit zur

Abnutzung fehlt, wie z. B. bei Stallhaltung von Rindern, wird unter Umständen eine künstliche Verkürzung angestrebt werden müssen, wie es für Hufe solcher Pferde, welche Eisen tragen, eine Nothwendigkeit ist. Eine besondere Wichtigkeit beansprucht die Kenntniss desjenigen Zeitraumes, innerhalb dessen sich ein Hornschuh durch allmähliches Herabwachsen vollständig erneut. Auf Grund der von Kalning an einem kleinen 13 jährigen Pferde gemachten Beobachtungen, wächst das Hufhorn pro Monat 0,76 *cm*. Am Zehentheil der Wand brauchte das Horn ein volles Jahr um von der Krone bis zur normalen Huflänge herunter zu wachsen. Individuelle Verschiedenheiten in Altersunterschieden, Race und Fütterungsweise begründet, scheinen auf das Hornwachsthum von verschiedenem Einfluss zu sein. Bei reichlichem Futter gestaltete sich, wie Kalning feststellte, das Wachsthum reger als bei magerer Kost; eine Wachsthumsdifferenz während der Sommer- und Wintermonate konnte nicht constatirt werden. Die in einem einzelnen Fall ermittelten Thatsachen dürfen jedoch nicht ohne Weiteres als massgebend für Beurtheilung der durchschnittlichen Wachsthumszeit anzusehen sein. Nach Gerlach gehört zum Nachwachsen einer neuen Wand (am Zehentheil) mindestens ein Zeitraum von 6—9 Monaten. Man wird nicht fehlgehen, wenn man die mittlere Wachsthumsdauer auf 8—11 Monate veranschlagt. An den Seiten- und Trachtentheilen gelangen die herabgewachsenen Hornröhrchen erheblich früher zur Abnutzung als das bedeutend längere Zehenhorn. Demgemäss verkürzt sich auch an den Seitenwandtheilen die Wachsthumszeit auf 5—7, an den Trachten auf 2—4 Monate im Durchschnitt.

7. Hauttalg.

Von

J. Tereg.

Die gesammte Hautoberfläche der Hausthiere einschliesslich der Haare sind mit einer dünnen Fettschicht überzogen, von deren Vorhandensein man ohne Weiteres Kenntniss erhält, wenn man die genannten Partien mit Wasser benetzt. Die weitaus grösste Quantität desselben läuft ab, ohne dass eine Adhäsion in beträchtlicher Ausdehnung auf der Hautoberfläche stattfindet, falls man nicht zu grosse Wassermassen nachhaltig verwendet. Unter gewöhnlichen Verhältnissen ist dieser dünne, salbenartige Ueberzug der Körperoberfläche der Untersuchung nicht zugänglich mit Ausnahme der Wollträger. — In einem Falle war C. Schmidt in der Lage, den Inhalt einer abnorm vergrösserten **Talgdrüse** des

Menschen zu analysiren. Er fand in 100 Theilen: Wasser 31,70; Epithel und Albumin 61,75; Neutralfette, hauptsächlich aus Palmitin, Olein bestehend incl. Cholesterin, 4,16; Fettsäuren von niederem Schmelzpunkt: Buttersäure, Valeriansäure und Capronsäure 1,25; Aschebestandtheile, unter denen vorwiegend phosphorsaure Erden, aber auch Chloralkalien und phosphorsaure Alkalien vertreten waren, 1,18 Theile. Während der Fötalperiode bildet das Hauttalg eine dichtere, vor der Benetzung durch die Amniosflüssigkeit schützende Decke, welche dem Neugeborenen in weissgelber, käseartig erscheinender Masse anhaftet: Vernix caseosa. Nach C. G. Lehmann enthält die Vernix des Menschen 4,0 pCt. Epithel und Albumin, 47,5 Neutralfett, worunter nach Gorup-Besanez auch Cholesterin vorkommt. Der Wassergehalt ist auf 47,6 pCt. zu veranschlagen. —

Bei den Wolle tragenden Hausthieren, den Schafen, häuft sich der Hauttalg, ebenso die Trockensubstanz des Schweisses zwischen den Wollhaaren an und wird gewöhnlich als **Wollschweiss** oder **Fettschweiss** bezeichnet. Der Fettschweiss hat für die Wolle eine grosse Bedeutung. Abgesehen davon, dass er die einzelnen Haare mit einer dünnen Schicht überzieht und sie in einem kräftigen, geschmeidigen Zustand erhält, trägt er auch zur Bildung des Stapels bei. Die einzelnen Wollhaare, welche sich durch gegenseitige Umschlingung, unter Mitwirkung der sogenannten Bindehaare zu Strähnchen, Stapelchen und zum Stapel vereinen, verbinden sich fester vermittelst des ihnen anhaftenden Fettschweisses. Durch diese Vereinigung zu kleinen Gruppen, wird dem Vliesse eine gewisse regelmässige Anordnung verliehen und der Verfilzung vorgebeugt.

An den Spitzen des Stapels erscheint der Fettschweiss in Folge der Wasserverdunstung consistenter, verbindet grössere oder kleinere Haarpartien und ertheilt dadurch dem ganzen Vliess nach aussen zu einen gewissen Schluss, welcher das Eindringen von Staub, Futtertheilen und Feuchtigkeit verhindert. Diejenige Qualität und Quantität des Fettschweisses, welche die Wolle zur Verarbeitung am besten geeignet macht, wird in der Wollkunde mit der Bezeichnung Fettschweiss belegt.

A. Der normale Fettschweiss kennzeichnet sich auf der Wolle dadurch, dass er die einzelnen Wollhaare mit einer ganz gleichmässigen Schicht überzieht, ohne irgendwo durch stärkere Anhäufung sich zu Klümpchen zu vereinigen oder gar grössere Haarpartien zu verkleben. Derselbe wäscht sich gut aus und hinterlässt die Wolle weich und klar. Durch Berechnung der Mittelzahlen aus den von Samuel Hartmann ermittelten Werthen ergiebt sich für 100 Theile Rohwolle mit normalem Fettschweiss folgende Zusammensetzung:

	Kammwolle (3″)	Tuchwolle ($1^5/_8$″)
Hygroskopische Feuchtigkeit	16,31	12,98
Waschverlust	27,34	27,88
Fett (Minim. 12 pCt.)	**14,55**	**26,22**
Haarsubstanz	41,80	32,92

Ist ein normaler, leicht löslicher Fettschweiss bei einer Tuchwolle erwünscht, so ist er bei einer Kammwolle, welche eine gute genannt werden soll, geradezu Bedingung. Nur bei der schonendsten Behandlung der Kammwolle während der Entfettung ist es möglich, die Haare in ihrer Lage zu erhalten und dadurch eine zu grosse Ansammlung von »Kämmlingen« bei der weiteren Verarbeitung zu vermeiden. Eine solche schonende Behandlung bei der Fabrikwäsche wird eben unmöglich, wenn der Fettschweiss ein schwer löslicher ist und erst durch vielfaches Hin- und Herwerfen der Wolle nach längerer Zeit entfernt werden kann. Dabei wird die Wolle verwirrt, wodurch in Folge der Abgabe vieler Kämmlinge an den Streichgarnspinner dem Kammgarnfabrikanten empfindliche Verluste erwachsen können. Kammwollen werden daher durch schwer löslichen Fettschweiss stets mehr entwerthet als Tuchwollen.

B. Der abnorme Fettschweiss characterisirt sich durch ein Abweichen von der Norm rücksichtlich der Quantität oder der Qualität.

1. Abweichungen mit Bezug auf die Quantität werden bedingt sowohl durch Verminderung, als durch Vermehrung der Fettschweiss-Production bei sonst normaler Beschaffenheit des Secretes.

a) Verminderung der Fettschweissproduction veranlasst ein blasses, mattes, trübes Aussehen der Wolle. Dieselbe fühlt sich rauh an und zerreist mehr oder weniger leicht (Brüchigkeit der Wolle).

b) Vermehrung der Production giebt sich dadurch kund, dass der Fettschweiss die Wollhaare in mehr oder weniger dicken Schichten bedeckt, sich in einzelnen Stückchen ablagert und dadurch an den betreffenden Stellen die Wolle dem Auge des Beschauers ganz entzieht. Bleibt die Qualität dabei normal, d. h. behält der Fettschweiss seine leichte Löslichkeit, dann lässt sich die Wolle immerhin noch gut verarbeiten. Dieser Fettschweiss giebt sich in der Regel durch eine rostbraune Farbe zu erkennen. Reibt man derartige Wolle zwischen zwei Fingern leicht hin und her, so fühlt man wie die Finger ölig werden und wie die einzelnen Haare des gefassten Strähnchens zwischen den Fingern durchgleiten ohne zu kleben. Eine hierher zu rechnende Wollprobe von $1^1/_4$'' Länge erwies sich für 100 Theile zusammengesetzt aus:

Hygroskopische Feuchtigkeit	10,4
Waschverlust	44,4
Fett	28,1
Haarsubstanz	17,1

2. Abweichungen bezüglich der Qualität. Der geringste Grad wird als schwerlöslicher Fettschweiss bezeichnet.

a) Bei schwerer Löslichkeit zeigt die Wolle zumeist orangengelbe Färbung. Auch hier giebt die Prüfung mit den Fingern weiteren Aufschluss. Während bei dem leicht löslichen Fettschweiss die Finger verhältnissmässig stark ölig wurden, ist es hier nur in mässigem Grade der Fall. Das Durchgleiten der Härchen findet nicht statt, sondern die

Wolle klebt den Fingern an und lässt sich kneten und formen. Ein solcher Fettschweiss ist schon sehr fehlerhaft. Die Wolle wäscht sich bei der Wäsche nicht allein schlecht aus, sondern sie leidet auch bei der Wäsche, nach welcher sie unklar aussieht und sich hart anfühlt. Eine derartige Wolle enthält in Procenten:

Hygroskopische Feuchtigkeit . . .	10,96
Waschverlust	35,04
Fett	**31,70**
Haarsubstanz	22,30

b) Der harzige Fettschweiss (Pechschweiss) liegt in ganzen Stücken in der Wolle und verklebt die Haare dermassen, dass sie nur mit Mühe von einander zu trennen sind. Liegt die Production eines solchen Fettschweisses in der Organisation des Thieres, so ist es zur Zucht nicht geeignet, da der Fehler erblich ist. Andererseits hat man vorübergehend bei erkrankten Individuen diese Art der Fettschweissbildung beobachtet, welche in solchen Fällen keinen nachtheiligen Einfluss auf die Aufzucht ausübt. Eine Probe ($1^1/_4$") ergab:

Hygroskopische Feuchtigkeit . . .	10,60
Waschverlust	30,26
Fett	**46,04**
Haarsubstanz	13,10

c) Der grüne Fettschweiss. In diese Klasse gehören alle die schwer löslichen Fettschweissarten, welche in der Farbe vom deutlichen Grün bis zu Weiss (wachsartiger Fettschweiss) wechseln. Er ist im Wasser fast gar nicht löslich, knetet sich in demselben wie Wachs, während sich der harzige doch noch theilweise löst. Zusammensetzung der Wolle ($1^1/_4$") mit grünem Fettschweiss:

Hygroskopische Feuchtigkeit . . .	10,40
Waschverlust	11,74
Fett (Maxim. 61 pCt.)	**56,00**
Haarsubstanz	21,83

Zwischen den aufgezählten, kurz characterisirten Arten des Fettschweisses existiren verschiedene Uebergangsmodificationen und Combinationen, welche zum Theil noch in besonderer Weise bezeichnet werden. — Die von E. Schulze und Barbieri zur Constatirung der qualitativen Unterschiede der verschiedenen Fettschweissarten vorgenommenen Untersuchungen haben ergeben, dass das Fett aus pechschweissiger Wolle sowohl, als auch der leicht lösliche Fettschweiss, der Hauptsache nach aus Verbindungen des Cholesterins, Isocholesterins in wechselndem gegenseitigen Verhältniss und eines unkrystallinischen Alkohols mit Oelsäure und Hyänasäure bestand. Nach Benedikt enthält das durch Extraction mit Schwefelkohlenstoff, Petroleumäther u. dgl. gewonnene Wollfett eine schmierige, unangenehm riechende, gelbe oder braune Masse von 0,973 spec. Gew. (Schädler) und 39—42,5° Schmelzpunkt (Stöckhardt) weiterhin Stearin- und Palmitinsäure-Cholesteryläther und Cerotinsäure-Ceryläther, ferner Glyceride, unter

welchen auch die der niederen Fettsäuren, z. B. der Valeriansäure vorkommen. Ein Unterschied zeigt sich nur insofern, als im »Pechschweiss« freies Cholesterin fehlt und das Wasserextract aus der pechschweissigen Wolle keine Seifen, sondern neben anorganischen Verbindungen Kaliumsalze organischer niederer Säuren aufweist, wohingegen die Wasserextracte des leicht löslichen Fettschweisses beträchtliche Mengen von Kaliseifen enthalten. Als anorganische Bestandtheile fanden Chevreuil, Reich und Ulbricht kohlensaures Kali (Verbrennungsproduct organischer Kaliverbindungen), Chlorkalium und Chlornatrium, Kalk und Magnesia, Ammoniak, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure. Der Kaligehalt ist so ausserordentlich gross (auf 1000 Theile Kali kommen 40—130 Theile Natron), dass die Wollwaschwässer zur Potaschefabrikation vielfach benutzt werden.

Die quantitative mittlere Zusammensetzung der Wollschweissasche stellt sich nach Henneberg für 100 Theile Asche wie folgt:

CO_2	25,34 pCt.
K_2O / Na_2O spurweise)	63,45 »
CaO	2,19 »
MgO	0,85 »
P_2O_5	0,70 »
SO_3	3,20 »
SiO_2	1,07 »
Fe_2O_3	0,23 »
Cl	3,83 »
	100,86 pCt.
O ab für Cl	0,86 »
	100,00 pCt.

Durch Destillation des rohen Wollfettes gewinnt man ein Product, welches L. Mayer mit der Bezeichnung »destillirten Wollschweiss« belegt. Dasselbe besteht fast ausschliesslich aus freien Fettsäuren und Cholesterin.

Nach einem patentirten Verfahren von Jaffe und Darmstädter werden die Fettsäuren des Wollfettes dadurch entfernt, dass man dasselbe durch Zusatz von Seifen oder Alkalien in eine dünne Milch überführt und centrifugirt. Das reine Fett reagirt neutral, steht zwischen Harz und Fett und besitzt die Fähigkeit, sich mit über 100 pCt. Wasser zu einer hellgelben plastischen Masse verkneten zu lassen (Lanolin, Liebreich).

Aus dem Fettsäuregemisch, welches auf Zusatz von Säure zu alten, vergohrenen Wollwaschwässern ausfällt, haben A. und P. Buisine ca. 5 pCt. Caprinsäure darzustellen vermocht. Diese Säure ist als solche nicht ursprünglich in den Wässern enthalten, sondern entsteht erst durch die Gährung aus dem Glycerid und ist in den Wollwaschwässern als Kaliseife gelöst. — Zur Isolirung der Säure wird das ausgefällte Rohfett in Aether gelöst, filtrirt, destillirt, mit Wasser 5 bis 6mal ausgekocht, heiss filtrirt, das wässrige Filtrat mit Soda abgesättigt, eingeengt, filtrirt mit Aether extrahirt und aus der dabei verbliebenen wässrigen Schicht die Säure mit Schwefelsäure ausgeschieden, dann mit Dampf von flüchtigen Säuren befreit und schliesslich durch Ueberführung in das Baryumsalz und Lösen in heissem Wasser gereinigt. Die reine Säure schmilzt bei 31°, löst sich in Aether und Alkohl,

wenig in heissem Wasser und scheidet sich daraus in weissen Nadeln ab. In ähnlicher Weise sind isolirt worden: Aepfelsäure (2,5 pCt. des Trockenrückstandes), Oxalsäure, Bernsteinsäure (2,5 pCt.), Brenzweinsäure, Milch- und Glycolsäure, Ameisensäure, Essigsäure (sehr reichlich), Propionsäure, Buttersäure, Valeriansäure, Capronsäure, Oenanthylsäure, Caprylsäure, Stearinsäure, Cerotinsäure, Oelsäure; ferner gelang der Nachweis von Harnsäure, Hippursäure, Benzoesäure, Glykocoll, Leucin, Tyrosin und phenylschwefelsaurem Kalium. Das unter den anorganischen Bestandtheilen vertretene Ammoniumcarbonat rührt von zersetztem Harnstoff her. Die Hälfte der gesammten Trockensubstanz der Waschwässer besteht aus anorganischem Material.

Unter dem Mikroskop findet man im Hauttalg und Wollschweiss Epitheltrümmer, aus den Talgdrüsen und von der Oberhaut herrührend, freies Fett, zuweilen auch Cholesterincrystalle. Beim Wollschweiss besteht die Hauptmenge der geformten Bestandtheile aus Epidermisschuppen, welche eine unregelmässig zusammenhängende, blättrige, mit Fettkörnchen bedeckte Masse darstellen.

Die Bildung des Hautfettes geht in den länglichen acinösen Talgdrüsen, Glandulae s. Cryptae sebaceae s. Folliculi sebacei, vor sich, welche an einigen Stellen der Haut verschiedene Form und Grösse aufweisen.

Die einfachsten Talgdrüsen erscheinen entweder als ungetheilte längliche Schläuche (Wiederkäuer, Schwein, Katze), die Ercolani in der Achsel- und Weichengegend des Rindes länger als gewöhnlich und gebogen gefunden hat, oder sind derart zusammengesetzt, dass mehrere kleinere blinddarmähnliche in einen gemeinschaftlichen Ausführungsgang münden. Am vollständigsten entwickelt trifft man sie an in der Haut des Afters, desgleichen in der des Schlauches und Scrotums, der Vulva und des Euters beim Hunde und Schaf, besonders aber beim Pferd; bei letzterem bilden sie zuletzt grössere weisslich gefärbte zusammengesetzte Drüsencomplexe, welche in grosser Regelmässigkeit mit den bis in die Subcutis reichenden bräunlichen Schweissdrüsen abwechseln, mit Ausnahme der Commissuren der Vulva, wo die Schweissdrüsen vorherrschen. Auch am Euter des Schafs vereinigen sich mitunter 3—4 zusammengesetzte oder halbgetheilte Bälge zu einem gemeinschaftlichen Kanal. Der Ausführungsgang mündet bei den kleineren Drüsen in den Haarbalg an haarlosen Stellen frei auf die Oberhaut, während bei grösseren das Haar und der Haarbalg vom Ausführungsgang der Drüse umgeben werden; derartige Talgdrüsen sind denn auch vielfach grösser als die Haarfollikel, wie überhaupt das Haar und die zugehörigen Talgdrüsen in ihren Grössenverhältnissen sich keineswegs proportional verhalten.

Die Drüsen der Tasthaare sind nicht grösser als die der feinen Wollhaare und bei Fleischfressern treten die an den Tasthaaren befindlichen, den übrigen gegenüber sogar in ihren Grössenverhältnissen zurück. Den geringsten Querdurchmesser besitzen die Talgdrüsen des Schweines. Die des Schafes sind sehr zahlreich, welcher Umstand durch den dichten Haarbestand und die Anordnung der Talgdrüsen um die Haarfollikel erklärlich wird. Gewöhnlich liegen je zwei an einem Haarsäckchen, vielfach finden sich jedoch drei, selbst vier; so namentlich auch beim Pferd ziemlich häufig. Kleinere Talgdrüsen können beim Haarwechsel zu Grunde gehen und bilden sich mit dem Ersatzhaar aufs Neue (Harms).

Das von einer Tunica propria ausgekleidete Lumen des Drüsenkörpers nimmt eine Zellfüllung ein, welche nur in der Mitte einen kleinen, nach dem Ausgange sich erweiternden Spaltraum frei lässt. Eingehendere Untersuchung ist nur an entfetteten Präparaten ausführbar und lässt an der Peripherie noch tingirbare, mit runden Kernen versehene polygonale Zellen erkennen, während die mehr central gelegenen

sich nicht mehr färben und entweder den Kern ganz eingebüsst haben oder nur in verkümmerter Form zeigen. Nahe dem Ausführungsgang stösst man auf Zelltrümmer, welche bei nicht entfetteten Präparaten meist von dem freien Fett verdeckt werden.

Die Fettbildung geschieht auf Kosten des Protoplasma, zeigt aber wesentliche Unterschiede gegenüber der Fettproduction durch die Milchdrüse, welche beiden Vorgänge man vielfach miteinander verglichen hat. Bei der Hauttalgbildung entsteht durch Wucherung der Drüsenzellen ein vielschichtiges Epithel, dessen Elemente in dem Maasse verfetten, als sie nach dem Lumen der Drüse vorrücken, um hier in toto zu Grunde zu gehen; in den Alveolen der Milchdrüse finden sich stets nur einschichtige Epithelien, deren Fettmetamorphose sich nur partiell am centralen, dem Lumen zugekehrten Ende vollzieht, während der periphere Theil erhalten bleibt. Nichts destoweniger hat es fast den Anschein als ob nach der Geburt ein Wechselverhältniss zwischen Hauttalg und Milchproduction stattfände. Aus dem reichlichen Auftreten der Vernix bei Neugeborenen schliesst man auf eine sehr rege Hauttalgsecretion während der Fötalzeit. Nach der Geburt stellt sich bei abnehmender Hauttalgsecretion Milchsecretion ein, welche indessen bald wieder verschwindet. Die fettig metamorphosirten und zerfallenen centralen Zellen der Talgdrüsen werden durch Wucherung der peripheren ergänzt.

Abgesehen von jenen an der Oberfläche gelegenen Talgdrüsen kommen solche auch zumeist neben sehr stark entwickelten Drüsen vom Typus der Schweissdrüsen, den sogenannten **modificirten Knäueldrüsen** in Hauteinstülpungen vor.

Im Thränensäckchen der Schafe sind die Talgdrüsen einfach und klein, im Klauensäckchen und der Inguinaltasche (rudimentäre Beuteltasche, Malkmus) zusammengesetzt und gross. Die in den genannten Hauteinstülpungen vorkommenden Schweissdrüsen sind arm an glatter Musculatur und gehören nach Graff's Ermittelungen ebenfalls zu jenen, welche sich unter Einwirkung von Ueberosmiumsäure dunkelbraun färben. Es ist deshalb anzunehmen, dass diese Drüsen ein anderes Secret liefern als Schweiss. Diejenigen des Thränensäckchens des Schafes sondern eine schmierige, schlüpfrige, nicht zu Schuppen vertrocknende Flüssigkeit ab. Das Secret der Inguinaltasche findet man häufig am Rande zu gelblichen, wachsähnlichen Schuppen eingetrocknet. Die Menge des schmierigen Hautsecretes in der Tasche ist bei den verschiedenen Racen sehr verschieden. Während z. B. Muflon und Haidschnucke eine kaum nennenswerthe Menge davon aufweisen, besitzen die hochcultivirten englischen Wollracen durchgängig stark gefüllte Hauteinstülpungen. Als Füllungsmasse des Klauensäckchen trifft man eine fettige, an der Luft sich milchig trübende, sauer reagirende, zähe Flüssigkeit an. Sie besteht aus Epidermisschuppen, Haartheilchen, Talgzellen, Fettkörnchen und einzelnen rhomboidischen Tafeln (Balogh). Bei den Fleischfressern sind am rechten und linken Rande des Anus zwei Hauteinstülpungen vorhanden, welche wohl correcter als Analtaschen, wie

mit dem bisher gebräuchlichen Namen Analdrüsen belegt zu werden verdienen. Auf der Oberfläche der taschenartigen Hauteinstülpung münden bei der Katze im Grunde und an der Seite verästelte tubulöse Drüsen; zwei stark entwickelte Talgdrüsen in Form von linsengrossen weisslichen Hervorragungen liegen an der unteren und inneren Seite des Säckchens. Jene die Analtaschen des Hundes auskleidenden Drüsen sind sämmtlich zu den zusammengesetzten tubulösen zu rechnen, unterscheiden sich aber von einander durch ihre Färbung; die im Grunde befindlichen sehen gelblich aus, besitzen wie die Schweissdrüsen organische Muskelfasern, die am Halse der Analtasche gelegenen sind weisslich gefärbt und ebenfalls als Talg producirende Drüsen aufzufassen. Das Secret riecht unangenehm und enthält in der weissgrauen Schmiere Fettcrystalle und reichlich Epidermoidalschuppen. Der widerliche Geruch der öligen Massen aus den Analdrüsen der Stinkthiere ist vermuthlich durch die Anwesenheit von Methylmerkaptan $CH_3 - SH$ bedingt (Nencki und Sieber). In dem Praeputium und der Eichelgrube sammelt sich das talgartige Secret der beim Hund schlauchförmigen, beim Pferd ellipsoiden oder kugeligen, auch bei den übrigen Hausthieren vorhandenen Acini, das Smegma praeputii. An der Talgsecretion betheiligen sich die mit ihrer Längsaxe parallel dem Präputialblatt gelagerten Knäueldrüsen nach Graff's Annahme nicht. Die letzteren sollen hier alkalisch reagirenden Schweiss produciren; unter dessen Mitwirkung werde das Fett verseift, wodurch zunächst eine dünnflüssige milchige Masse entstehe, welche durch Wasserverlust allmählich grössere Consistenz annehme. Beim Pferde bildet das Smegma consistente, grau-schwarze, klumpige Concretionen von eigenthümlich widerlichem Geruch. An der Verfärbung des an und für sich weissgelblichen Talgdrüsensecretes sind die beigemischten pigmentirten Epidermisresiduen fast ausschliesslich Ursache. Lehmann fand dasselbe bestehend aus 2,5 pCt. Eiweiss, 49,9 pCt. Neutralfett, 9,6 pCt. Alkoholextract, 5,4 pCt. Wasserextract, 5,4 pCt. gallenähnlichen Substanzen, Hippursäure, Benzoesäure, phosphorsauren, kohlensauren, oxalsauren Kalk und Ammoniak.

Das analoge Product des Bibers heisst Castoreum (Bibergeil).

Zusammengesetzt ist das Castoreum canadense aus 5,8 pCt. Eiweiss, 8,2 pCt. Neutralfett, 41,34 pCt. harzigen Substanzen, ausserdem Castorin (Gemisch verschiedener Cholesterin-Verbindungen), Phenol (Wöhler), schwefelsauren Kalk. Lösliche Mineralstoffe treten in ihrer Menge erheblich zurück; sie bestehen aus Chlornatrium, Salmiak, phosphorsaurem Natron-Ammoniak. Flüchtige Fettsäuren sollen nicht vorkommen. Unzweifelhaft rühren verschiedene der genannten Körper (Hippursäure, Benzoesäure, Phenol, Kalkverbindungen u. s. w.) aus Beimischungen von Harn her. Der grösste Theil der Ammoniumverbindungen dürfte als Zersetzungsproduct des Harnstoff anzusprechen sein.

Das Ohrenschmalz, Cerumen aurium, wird von Drüsen abgesondert, welche nach Art der Schweissdrüsen gebaut sind, mit knäuelförmig aufgewundenem Ende und langem, frei an der Oberfläche mündenden Ausführungsgang. Die Secretionszellen erzeugen eine dicke, ölige, gelbe Masse. Die im äusseren Gehörgang vorkommenden Haare besitzen

nach Ercolani keine Talgdrüsen, welche nach Franck sonst überall da vorkommen, wo Haare vertreten sind. Untersuchungen über die Zusammensetzung des Ohrenschmalz wurden von Pétrequin angestellt und sind in nachstehender Uebersicht zusammengefasst.

100 Theile enthalten:

	Wasser	Fett	In Alkohol löslich	In Wasser löslich	In Wasser unlöslich
Mensch	10,0	26,0	38,0	14,0	12,0
Schwein . . .	10,1	30,0	5,1	17,9	36,9
Kalb	6,3	44,7	7,9	22,1	19,0
Ochs	2,8	48,5	3,7	14,2	30,8
Kuh	13,2	42,9	6,7	20,0	17,2
Schaf	10,3	16,0	4,3	19,4	50,0
Hund	4,9	46,9	12,4	7,4	28,4
Pferd	3,9	38,7	9,2	20,4	27,8
Maulesel . . .	17,4	26,1	21,7	21,7	13,1
Esel	12,5	38,7	17,5	16,3	25,0

Unter den festen Bestandtheilen kommt vor ein rother Farbstoff, Stearin, Olein, eine in Alkohol lösliche und eine darin unlösliche Kaliseife, eine in Aether, Alkohol und Wasser unlösliche kalihaltige Substanz, wenig Kalk und Spuren von Natron.

Bei Vögeln erhält man durch leichten Druck auf die im Gehörgangwulst befindlichen schlauchförmigen Drüsen einen weissen milchigen Saft (G. Schwalbe).

Als **Aggregate von Talgdrüsen**, die in einen gemeinschaftlichen Gang ausmünden, fasst Heidenhain die Meibom'schen Drüsen auf. Das ölige Secret erstarrt am Augenlidrande und sammelt sich mitunter im innern Augenwinkel als gelbliche, butterähnliche Masse an. Arloing ermittelte im Halssympathicus frenosecretorische Nerven für die Meibomschen Drüsen. Nach Durchschneidung desselben nimmt die Secretion zu.

Ebenfalls zu den am Auge vorkommenden modificirten Talg liefernden Drüsen ist bei einigen Thiergattungen die Harder'sche Drüse zu rechnen.

Wendt's Angaben zu Folge entspricht dieselbe bei vielen Nagern (Ratte, Meerschweinchen, Maus, Murmelthier, Siebenschläfer) und beim Igel mehr einer grossen zusammengesetzten Talgdrüse, während sie beim Pferd (Bendz), Rind, Schaf, so ziemlich den Bau der Lacrimalis besitzt. Beim Hasen und Kaninchen nimmt sie durch den Zerfall in zwei verschiedenartige Theile eine Uebergangsstellung ein. Einer dieser Theile, von Bendz Nickhautdrüse genannt, liegt tiefer und erscheint roth gefärbt (Lacrimalispartie), der andere weissgefärbte Abschnitt (Talgdrüsenpartie), eigentliche Harder'sche Drüse (Bendz), nimmt eine oberflächlichere Lage ein. Beim Schwein befindet sich die sogenannte Nickhautdrüse hinten am löffelförmig verbreiterten Nickhautknorpel, während die viel grössere, graugelbliche, acinöse, eigentliche Harder-sche Drüse hinter der vorigen gelegen ist, nicht mit dem Knorpel direct in Verbindung steht. Sie wird von einem geräumigen fächrigen Lymphraum umschlossen. Als allgemein gültig lässt sich der Satz aufstellen, dass bei hervorragender Entwickelung der Harder'schen Drüse die Lacrimalis und umgekehrt bei ansehnlicher Ausbildung dieser die Hader'sche Drüse an Grösse abnimmt. Die Nickhautdrüsen des Frosches sind Schleimdrüsen eigener Art, welche bereits S. 341 Erwähnung gefunden haben.

Das Secret der gemischten Drüse stellt eine trübe, ölige, alkalisch reagirende, dasjenige der nach dem Lacrimalistypus gebauten Drüse eine helle, wässrige Flüssigkeit dar. Die Absonderung der Fettbestandtheile bietet insofern bemerkenswerthe Unterschiede gegenüber der Secretion des Hauttalgs als sich hier das fettige Product durch Ausstossung der innerhalb hoher, cylindrischer Zellen entstehenden Fetttröpfchen bildet, während Protoplasma und Kern in der Regel erhalten bleibt und nur bei stürmischer Secretion zu Grunde geht. Die Hardersche Drüse des Pferdes besitzt 2—3 Ausführungsgänge, welche an den concaven Fläche der Membrana nictitans in einem kleinen Täschchen ausmünden, das Rind gewöhnlich 3, Schafe nur 1. Beim Schwein mündet der Talgdrüsentheil mit seinem Ausführungsgang neben jenen der sogenannten Nickhautdrüse.

Disseminirte Talgdrüsen, welche bei den Säugern, mit Ausnahme des talgdrüsenlosen Faulthieres (Bradypus cuculliger), in der gesammten Cutis vorkommen (sie fehlen nur an den Sohlenballen und der Nase der Fleischfresser, an dem Flotzmaul des Rindes, der Rüsselscheibe des Schweines), sind in der Haut der Vögel nicht vorhanden. Dagegen findet sich am Steiss über den letzten Schwanzwirbeln, zwischen den Spulen der Steuerfedern ein ovoides Fettdrüsenconglomerat, die Glandula uropygii, Steiss- oder Bürzeldrüse, deren Secret in den Ausführungsgängen bei Gänsen und wilden Enten stets dunkelgelb, zäh, von fast lehmiger Consistenz, in den tiefer gelegenen Theilen dagegen heller und leichtflüssiger erscheint (de Jonge). Es reagirt sauer und besitzt schwachen Geruch nach Gänseschmalz. Das durch Druck aus den Bürzeldrüsen in ziemlich reichlicher Menge gewinnbare Secret enthält in 100 Gewichtstheilen:

	Gans	Ente
Wasser	60,81	58,47
Feste Stoffe	39,20	41,53
Eiweiss und Nuclein	17,97	12,77
Aetherextract	18,68	24,71
Alkoholextract	1,09	1,83
Wasserextract	0,75	1,13
Lösliche Salze	0,37	0,93
Unlösliche Salze	0,34	0,17
Im Aetherextract:		
Cetylalkohol	7,42	10,40
Oelsäure	5,65	—
Niedere fette Säuren	0,37	1,48
Lecithin	0,23	—
Unbestimmte Stoffe, Verlust	5,00	12,82

Cetylalkohol wurde bisher nur noch im Wallrath gefunden. Die flüchtigen fetten Säuren, welche nach Verseifung der Fette durch Destillation mit verdünnter Schwefelsäure erhalten wurden, hatten eine Sättigungscapacität, welche zwischen denen der Caprinsäure und Capronsäure lag. Unter den Eiweisskörpern waren Albuminate und Albumin vertreten.

Das Fehlen der Bürzeldrüse ist constatirt bei den Straussen, der Trappe, einigen Tauben (Columba coronata, militaris) und Papageien (Psittacus rufirostris, leucocephalus, ochrocephalus Dufresnii, menstruus, purpureus). Bei den Wasservögeln erreicht sie die grösste Entwickelung.

Die Verdauungssecrete und ihre Absonderung.

Von

Ellenberger.

---

1. Der Speichel.

Der Speichel resp. die Mundflüssigkeit wird von den in die Mundhöhle einmündenden Drüsen geliefert, nämlich von der gland. parotis, gl. submaxill., gl. sublingual, von den Drüsenhaufen in den Backen (gl. buccales), in den Lippen (gl. labiales), im Gaumensegel (gl. palatinae) und in der Zunge (gl. linguales), von den Einzeldrüsen im harten Gaumen der Wiederkäuer, an der Zungenspitze und in der Backenschleimhaut und von den gl. orbitales der Fleischfresser. Einzelne dieser Drüsen liefern ein wässeriges, schleimfreies, andere ein zähes, schleimhaltiges Secret, wonach die ersteren als seröse oder Eiweiss- und die letzteren als Schleimdrüsen bezeichnet worden sind. Ueber den Bau beider Drüsenarten s. mein »Handbuch der Histologie«.

Eigenschaften des Speichels.

a) Der **gemischte Speichel**, die Mundflüssigkeit. Man hat den Speichel eingetheilt in Kau-, Schmeck- und Schlingspeichel oder in Kauspeichel, Fastenspeichel und Wiederkauspeichel. Wir wollen von diesen Eintheilungen vorläufig absehen und nachstehend nur die Eigenschaften des beim Kauen oder bei künstlicher Anregung (durch Pilocarpin oder Masticatoria) secernirten Speichels besprechen. Derselbe stellt eine wasserhelle, farblose, klare (Pferd, Schaf) oder etwas getrübte (Rind), opalisirende, zähe, stark fadenziehende und geruchlose Flüssigkeit dar, deren specifisches Gewicht bei dem Hausthierspeichel von 1,002—1,009 (Bidder und Schmidt, Ellenberger und Hofmeister) schwankt und deren Brechungsindex dem des Wassers sehr nahe steht.

Tiedemann und Gmelin bezeichnen den Schafspeichel als dünnflüssig, nicht fadenziehend, während wir denselben zähe, fadenziehend, wasserklar und stark alkalisch fanden. Der Hundespeichel ist etwas trübe, sehr fadenziehend, dicklich und enthält oft Flocken.

Das specifische Gewicht des menschlichen Speichels ist von Tiedemann und Gmelin, Mitscherlich, Wright, Hünefeld, Jacubowitsch, Frerichs u. A. bestimmt worden. Die Zahlenangaben schwanken von 1,0026—1,0089; Wright bezeichnet 1,0079 als Mittelzahl. Es steigt nach dem Essen, Abends und bei Fleischnahrung und sinkt Nachts und bei Pflanzennahrung; ein Ansteigen über 1,02 und ein Sinken unter 1,002 ist abnorm.

Der Speichel enthält 98—99,5 pCt. Wasser, Mucin, verschiedene Albuminate (Globulin, Albumin, Syntonin, Casein, Hemialbumose), wenig Fett, Salze des Natron, des Kalks und der Magnesia, Carbonate, sehr viel Chloride, wenig Phosphate, Sulfate, salpetrigsaure Salze (beim Menschen, Schönbein), Spuren von Harnstoff und einer flüchtigen Säure (Capron-Säure?). Beim Menschen findet man Rhodankalium (Thyocyansäure, CNSH), einen Körper, der durch die bei Anwendung von salzsaurem Eisenoxyd, Eisenchlorid etc. eintretende Röthung (Eisenrhodanid) leicht nachweisbar ist (Treviranus 1814, Porret, Gmelin, Öhl, Pettenkofer, Wright, Böttcher, Tilanus, Jacubowitsch, Sertoli, Winterel, J. Munk).

An Rhodankalium fand man im menschlichen Speichel: 0,014 (J. Munk), 0,06 (Jacubowitsch), 0,1 (Frerichs), 2,27 (Hammarsten), 0,00016—0,0084 (Öhl), 0,008—0,14 pCt. (Herapath).

In dem Speichel von Pferd, Rind, Schaf, Ziege, Schwein kommt kein Rhodan vor (Ellenberger und Hofmeister). Beim Hunde will man dasselbe zuweilen gefunden haben.

Die Reaction des Speichels ist während des Kauens und während der ersten Stunden der Verdauung stets alkalisch.

Zwischen den Mahlzeiten und während der Nacht, überhaupt während des Fastens wird der Speichel in der Regel erst neutral und dann sauer. Nach der Hauptmahlzeit dauert es in der Regel 4 bis 5, bei den kleinen Mahlzeiten 1 bis 2 Stunden, ehe die saure Reaction eintritt (G. Sticker, Jacubowitsch, Mitscherlich, Wright, Hoppe-Seyler). Bei Amylaceenaufnahme soll der Speichel alkalischer werden als bei Fleischaufnahme (G. Sticker). — Der Alkaligehalt des Speichels schwankte beim Hunde zwischen 0,151—0,653 (Leiske), bei Schafen zwischen 0,087 und 0,261, bei Pferden zwischen 0,098 und 0,513 pCt., bei Menschen zwischen 0,095—0,353 pCt. (Wright) Natron. — Die Alkalescenz des Speichels ist wohl abhängig von der Secretion der Magensäure. Wenn das Blut durch die Magensaftbildung viel Säure verliert, dann wird der Speichel stark alkalisch.

Im Speichel trifft man auch Formelemente (Epithelzellen, Epithelstücke, Zellkerne, Schleimflöckchen, Schleimkörperchen, Leucocyten, Speichelkörperchen [Asch, Leeuwenhoek], Spaltpilze, Coccen, Bacterien, Bacillen, Vibrionen, Spirillen, Spirochäten, Leptothrixfäden) an; diese verleihen dem Speichel, wenn sie in grösseren Mengen zugegen sind, ein trübes Aussehen.

Beim längeren Stehen trübt sich der Speichel bedeutend, indem sich Crystalle in demselben ausscheiden; dabei bildet sich ein crystallinisches Häutchen auf der Oberfläche (von kohlensaurem Kalk) und ein Bodensatz, welcher aus den genannten Formelementen besteht.

Von Gasen findet man besonders CO_2 im Speichel, aber auch N und O. (Pflüger). Die CO_2 kommt frei, locker und fest gebunden vor.

Man fand 0,4—1,40 Vol.-pCt. O, 0,7—3,2 Vol.-pCt. N und 49—64,7 Vol.-pCt. CO_2 und zwar 2,3—22,5 auspumpbare und 29,9—42,2 Vol.-pCt. durch Phosphorsäure austreibbare CO_2.

Ausser den genannten Stoffen kommt im Speichel noch ein Ferment

(Leuchs 1831), das Ptyalin (Speichelferment, diastatisches Ferment, Speicheldiastase, amylolytisches Ferment) vor, dessen Natur und chemische Zusammensetzung unbekannt ist. Dasselbe ist zuerst von Cohnheim, wenn auch unrein, dargestellt worden; es kann z. B. mit Alkohol und Calciumphosphat ausgefällt werden, ohne seine Wirksamkeit einzubüssen.

Ein dem Ptyalin gleich wirkendes Ferment fanden wir (Ellenberger und Hofmeister), wenn auch in sehr geringen Mengen, in allen thierischen Geweben, Organen und Flüssigkeiten, auf welche Thatsache auch Cl. Bernard, Paschutin, Seegen und Kratschmer, Lépine und Röhmann (im Blute) hingewiesen haben.

An den Zähnen bildet sich aus dem Speichel ein Niederschlag, der Zahnstein, welcher wesentlich aus Calciumcarbonaten und -Phosphaten ($CaCO_3$, $Ca_32(PO_4)$, $FePO_4$, SiO_2) besteht, aber auch Alkalisalze, Mucin, Leptothrixpilze, Spaltpilze und Epithel enthält. Er ist gelb, braun, grau oder schwarz von Farbe, unter Umständen metallisch glänzend (Rind).

Ueber die **quantitative Zusammensetzung** des Speichels (Lehmann, Frerichs, Jacubowitsch, Eberlein, Bidder und Schmidt, Tiedemann und Gmelin, Herter, Lassaigne, Hammarsten, Ellenberger und Hofmeister) sei Folgendes mitgetheilt:

Der menschliche Speichel enthält 989,63—995,16 Wasser, 4,84—10,36 feste Stoffe, darunter 1,82—6,75 Salze und 1,34—3,57 organische Körper. Von 1,82 Salzen kamen 0,51 auf Phosphorsäure, 0,43 auf Natron, 0,03 auf Kalk, 0,01 auf Magnesia und 0,84 auf Chloralkalien (Jacubowitsch).

Im Pferdespeichel fanden wir 989,154 Wasser, 10,846 Trockensubstanz und zwar 2,649 organische und 8,197 anorganische Stoffe. Von letzteren waren zugegen 7,863 in Wasser lösliche Chloralkalien, Sulphate und Phosphate und 0,334 in Wasser unlöslicher kohlensaurer Kalk und Magnesia. In 100 Theilen anorganischer Stoffe fanden wir 91,32 Chlornatrium, 4 kohlensauren Kalk und Magnesia, 0,85 kohlensaures Alkali, 1,0 phosphorsaures und 2,75 schwefelsaures Alkali. — Die organische Substanz bestand im Wesentlichen aus Mucin (0,38 pCt.). Lassaigne fand im Pferdespeichel einmal 96½, einmal 99, Scholz 88,125 pCt. Wasser.

Der Hundespeichel enthielt 990,02 Wasser, 9,98 feste Stoffe, darunter 3,85 organische und 6,13 anorganische Körper (Bidder und Schmidt). Tiedemann und Gmelin fanden 2,58 pCt. feste Stoffe. Jacubowitsch 989,63 Wasser und 10,37 feste Stoffe, darunter 6,79 Salze und zwar 0,82 Phosphorsäure und Natron, 0,15 Kalk und Magnesia und 5,82 Chloralkalien.

Der Schafspeichel enthielt 1,68 pCt. feste Stoffe (Tiedemann und Gmelin).

Der Rinderspeichel enthielt 990,0—994,0 Wasser und 6—10,0 Trockensubstanz; letztere bestand aus 3,6—4,6 organischer und 2,4—5,4 anorganischer Substanz (Ellenberger und Hofmeister). Bei einem anderen Rinde fanden wir im Kauspeichel 3,1, dagegen im Pilocarpinspeichel nur 1,26 organische Stoffe.

Die Zusammensetzung des Speichels ist im Wesentlichen unabhängig von der Blutbeschaffenheit, namentlich vom erhöhtem Wassergehalte desselben (Ludwig und Becher) und von der Schnelligkeit der Secretion (Ludwig und Setschenow). Vermehrung des Kochsalzgehaltes des Blutes bedingt bedeutende Zunahme des Kochsalzgehaltes des Speichels (Ellenberger und Hofmeister, Novi,

Werther, Heidenhain). Nach Kochsalzbeigabe zum Futter fanden wir z. B. über 3 pro Mille ClNa im Speichel. Die Absonderungsperiode hat Einfluss auf den Gehalt an Ferment (Ellenberger und Hofmeister) und organischen Bestandtheilen, nicht aber auf den Gehalt an Salzen (Ludwig und Becher). Die Menge der organischen Bestandtheile hängt von der Reizstärke, der Secretionsdauer, dem physiologischen Zustande der Drüse u. dgl. ab. Sie sinkt mit der Dauer der Reizung (Ludwig und Becher) und steigt mit der Stärke der Erregung. (Heidenhain). Der Pilocarpinspeichel ist ärmer an organischen Bestandtheilen, namentlich an Mucin und Ptyalin (Ellenberger und Hofmeister). Beim Pferde bestand er aus 994,3 *g* Wasser und 5,7 *g* Trockensubstanz.

b) Die Secrete der einzelnen Drüsen. 1. **Der Parotidenspeichel.** Er zeichnet sich dadurch aus, dass er nicht zähe und nicht fadenziehend erscheint; er ist klar, wasserhell (abgesehen von den zuerst secernirten dicklichen, trüben, kleinen Mengen), schäumt beim Schütteln und reagirt alkalisch; im nüchternen Zustande reagiren die zuerst entleerten Tropfen neutral, oder schwach sauer wegen freier CO_2 (Öhl).

Beim Pferde beträgt das specifische Gewicht 1,0045—1,0075 (Lehmann, Lassaigne, Ellenberger und Hofmeister), beim Rinde 1,010—1,0108 (Lassaigne, Ellenberger und Hofmeister), beim Schaf 1,0102 (Lassaigne), beim Hunde 1,004—1,007 (Jacubowitsch), beim Menschen 1,0061—1,0088 (Mitscherlich) oder nach Öhl 1,01—1,012 bei sparsamer und 1,0035—1,0039 bei reichlicher Secretion; es steigt beim Dursten und sinkt beim Wassergenuss.

Beim Stehen an der Luft (und beim Kochen) trübt sich nach kurzer Zeit der Parotidenspeichel des Pferdes und nimmt unter Abscheidung von kohlensaurem Kalk eine milchig trübe Beschaffenheit an. Nach unseren Untersuchungen (Ellenberger und Hofmeister) ist diese Trübung eine Folge des Entweichens der überschüssigen CO_2, die den kohlensauren Kalk des Speichels in Lösung erhielt, aber nicht, wie Lehmann meinte, eine Folge des Eintrittes von Kohlensäure aus der Luft in den Speichel. Zum Theil beruht die Trübung auch auf dem Vorhandensein organischer Körper. Antiseptisch aufgefangener, in einem gut verschlossenen Gefässe stehender Speichel trübt sich nicht oder erst sehr spät (nach 8 Tagen) (Goldschmidt). Wurde dieser Speichel erwärmt, dann trat unter lebhafter CO_2-Entwickelung die Trübung ein.

Die Kohlensäure scheint je nach den Verhältnissen verschieden fest gebunden zu sein. — Der Parotidenspeichel der anderen Hausthiere trübt sich wenig oder nicht. Der Kalk soll von den Zellen der Speichelröhren secernirt werden.

Der Parotidenspeichel der Hausthiere enthält kein Mucin (Gurlt, Ellenberger und Hofmeister u. A.), kein Rhodankalium, kein Cholesterin, aber geringe Mengen Fett, verhältnissmässig viel Eiweiss (darunter Hemialbumose). Der Menschenspeichel enthält Rhodan (Öhl, Solera) und zwar 0,03 pCt. Die Analysen lieferten folgende Resultate:

α) Im Parotidenspeichel des Menschen fand Hoppe-Seyler 993,16 pro Mille Wasser, 6,84 pro Mille feste Stoffe, worunter 3,40 anorganische Bestandtheile waren. Mitscherlich fand 14,6—16,3, van Setten 16,2 feste Bestandtheile. An Gasen fand Külz 0,84—1,40 Vol.-pCt. O, 0,24—032 N und 2,3—4,7 pCt. evacuirbare und 40—60 pCt. durch Säuren entfernbare CO_2.

β) Von den Ergebnissen der Analysen des Parotidenspeichels des Pferdes seien folgende angeführt:

	Lehmann	Lassaigne	Magendie	Fr. Simon	Gurlt	Ellenberger und Hofmeister (4 Analysen)
Wasser . .	990 – 992,90	992,0	989,0	982,64	999,2	991,613—993,11
Feste Stoffe .	10,0— 7,11	8,0	11,0	17,36	0,8	8,387— 6,89

Die festen Stoffe bestanden nach unseren Untersuchungen aus 2,42 organischen und 5,958 anorganischen Stoffen und die letzteren wieder aus 2,364 Kochsalz, 1,775 kohlensauren Alkalien, 0,441 Sulfaten und Phosphaten, 1,378 kohlensaurer Magnesia und Kalk. Die organischen Substanzen bestanden nach Fr. Simon aus 4,442 Ptyalin, 5,442 Caseïn, 0,178 Albumin und 0,120 Fett. Wir fanden in 1000 Parotidenspeichel 1,562 bis 1,740—1,920 Eiweiss (aus N berechnet) und 0,017 Fett (Ellenberger und Hofmeister).

γ) Der Parotidenspeichel der Rinder:

	Lassaigne	Ellenberger und Hofmeister	Wiederkauspeichel (Ellenberger und Hofmeister)
Wasser	990,74	989,98—991,1	989,980
Feste Stoffe	9,26	10,02— 8,9	10,020

An festen Stoffen waren zugegen 0,4—1,49 pro Mille organische und 8,49—9,6 anorganische Substanzen. Lehmann fand 0,44 organische Stoffe. Die Mineralsubstanzen bestanden nach Lassaigne aus 2,85 Chloralkalien, 3,38 kohlensauren Alkalien, 2,49 phosphorsauren Alkalien, 0,10 phosphorsaurem Kalk. Wir fanden 0,4 bis 1,94 Kochsalz, 7,48 (3,85) kohlensaures Kalium, 1,65—3,55 Sulphate und Phosphate und 0,05 unlöslichen kohlensauren Kalk. Der geringe Gehalt an Chloriden erklärt sich wohl daraus, dass der von uns untersuchte Speichel von tuberculösen Thieren stammte. Bei Kochsalzbeigabe zur Nahrung stieg der NaCl gehalt des Speichels auf 4,7 pro Mille (Ellenberger und Hofmeister).

δ) Im Parotidenspeichel des Schafes fand Lassaigne 989,0 Wasser und 11 feste Stoffe, wovon 6 Theile auf Chloride entfielen.

ε) Der Parotidenspeichel des Hundes.

	Lassaigne	Jacubowitsch und C. Schmidt	Herter
Wasser	989,0	995,3	991,5—993,8
Feste Stoffe	11,0	4,7	6,1— 8,47

Die festen Stoffe bestanden aus 1,4—1,53 organischen und 3,3—5,6—6,9 anorganischen Stoffen. Zuweilen kommt beim Hunde etwas Mucin vor. Herter fand 1,818—1,701 pro Mille CO_2 und Hoppe-Seyler etwas freies Sauerstoffgas.

2. **Der Submaxillarspeichel.** Er ist meist klar, wasserhell (zuweilen auch trübe), in dünner Schicht durchsichtig; Anfangs dünnflüssig, wird

er bald dickflüssig, zähe, stark fadenziehend, schäumt wenig beim Schütteln, ist geruchlos und von alkalischer Reaction. Er trübt sich wenig an der Luft; bei längerem Stehen scheidet er aber auch kohlensauren Kalk und einen amorphen Eiweisskörper ab. Er enthält viel Mucin (mit Ausnahme des Submaxillarsecretes beim Kaninchen), bei den Hausthieren keine (Ellenberger und Hofmeister), beim Menschen dagegen stets Rhodanmetalle (Öhl, Sertoli), kein Cholesterin und wenig Fette.

Er besitzt beim Pferde ein specifisches Gewicht von 1,003—1,0035 (Ellenberger und Hofmeister), beim Hunde 1,0041 (Jacubowitsch), bei der Kuh 1,0065 (Lassaigne) oder 1,0025—1,003 (Ellenberger und Hofmeister); beim Menschen 1,0026—1,0033 Das menschliche Submaxillarsecret enthält 0,36 bis 0,46 pCt. feste Bestandtheile. Folgende Analysen seien angeführt:

α) Vom Pferde:

	Gurlt	Ellenberger u. Hofmeister
Wasser	96,383	992,5
Feste Bestandtheile . . .	3,617	7,5

Von festen Stoffen waren 2,575 anorganische und 4,925 organische, und von ersteren 1,038 Chloride zugegen.

β) Vom Rinde:

	Lassaigne	Ellenberger u. Hofmeister
Wasser	991,14	990,4 —996,14
Feste Stoffe	8,86	9,6 — 3,86
Davon . . .	3,53 organische	2,36— 3,120 anorganische
	5,33 anorganische	1,23— 2,26 organische
	5,02 Chloride	0,71— 1,0 Chloride

γ) Bei der Pilocarpin-Injection fiel der Gehalt an organischen Stoffen von 2,5 (2,26 etc.) auf 1,1—1,3 (Ellenberger und Hofmeister).

δ) Vom Hunde:

	Bidder u. Schmidt	Herter
Wasssr	991,45—996,04	991,32—994,4
Rückstand	8,55— 3,96	8,68— 5,6
Davon . . .	2,89—1,51 Organisches	
	5,66—2,45 Anorganisches	
	(4,50 Chloride)	

An Salzen fand man K_2SO_4, KCl, NaCl, Na_2CO_3, $CaCO_3$, $Ca_3(PO_4)_2$ (Herter).

Nach reichlicher Kochsalzbeigabe zu einer Mahlzeit stieg der ClNa-Gehalt beim Rinde von 1,0 auf 6,3 pro Mille (Ellenberger und Hofmeister).

Pflüger fand beim Hunde 49,2—64,7 Vol.-pCt. CO_2, 0,4—0,6 O und 0,7 bis 0,8 N. Von der CO_2 waren 22,5 durch Evacuiren und 42,5 durch Phosphorsäure auszutreiben.

3. **Der Sublingualspeichel** (Öhl) gleicht dem Submaxillarspeichel, enthält viel Mucin, viel Formelemente, ist äusserst klebrig, meist durch Epithelien getrübt, schwach alkalisch oder neutral und deshalb zäher als der Submaxillarspeichel, ohne mehr Mucin zu besitzen. Er enthält bis 2,7 pro Mille feste Stoffe und bis 1 pCt. ClNa (also mehr als das Blut). Der während der Abstinenz und bei Reizung der Mundfläche

secernirte Speichel ist weniger zähe als der Kau- und Wiederkauspeichel.

4. **Das Secret der Backen-, Lippen- und Gaumendrüsen** haben wir durch Drüsenextraction erhalten. Es enthält Mucin, Albuminate, Hemialbumose, kein Rhodan, kein Pepton, ist mehr oder weniger zähe, fadenziehend und reagirt alkalisch. Nur das Secret der unteren Backendrüsen der Wiederkäuer gleicht dem Parotidensecret und ist schleimfrei.

Bidder und Schmidt haben nach Unterbindung der Gänge der grossen Speicheldrüsen das gemischte Secret der übrigen Drüsen, den sogenannten Mundschleim, aufgesammelt; er war trübe, zähe, stark fadenziehend und bestand aus 990,02 Theilen Wasser und 9,88 Theilen Rückstand, enthielt viel Schleimkörperchen und viel Epitheltrümmer.

Aus unseren Untersuchungen über die Eigenschaften aller Speichelarten der Hausthiere hat sich in Kürze Folgendes ergeben:

Mit Ausnahme des Parotidensecretes und des Secretes der unteren Backendrüsen, welche mucinfrei sind, enthalten die Secrete aller anderen Mundhöhlendrüsen Mucin. Am reichsten daran ist die Sublingualis, am ärmsten daran sind die Backen- und Lippendrüsen. Sämmtliche Speichelarten von Pferd, Rind, Schaf, Schwein enthalten kein Rhodankalium. Sie reagiren alkalisch, sind sehr wasserreich und enthalten geringe Mengen fester Stoffe, worunter die anorganischen Salze ganz entsprechend dem specifischem Gewichte der Speichelarten im Submaxillarspeichel die geringste Menge ausmachen; der Parotidenspeichel enthält die doppelte Menge als dieser, und der gemischte Speichel die Summe beider zusammengenommen davon. Diese Salze sind bezüglich ihrer Löslichkeit in Wasser bei sämmtlichen Speichelarten verschieden; die grösste Menge in Wasser löslicher Salze enthält der gemischte Speichel, und der Parotidenspeichel wieder mehr als der Submaxillarspeichel. Unter den Salzen spielt das Kochsalz (ClNa) eine grosse Rolle; am reichhaltigsten daran ist der gemischte Speichel. In gerade absteigenden Verhältnissen ist kohlensaurer Kalk vertreten, nämlich wie 3 : 2 : 1 im Parotiden-, Submaxillar- und gemischten Speichel. Nach Abzug der Kohlensäure ist es der Parotidenspeichel, welcher den meisten Kalk enthält. Der Speichel enthält verschiedene Arten von Eiweisskörpern, u. A. auch die Hemialbumose (Ellenberger und Hofmeister).

Die Secretion des Speichels und die Einspeichelung der Nahrung (Insalivatio).

Bei der Secretion, die, abgesehen von der Parotis der Wiederkäuer (Eckhardt, Schwann, Colin, Ellenberger und Hofmeister) und einigen kleinen Munddrüsen, nicht anhaltend, sondern in Zwischenräumen und am mächtigsten während des Kauens erfolgt, laufen in den Drüsen gewisse chemische und physikalische Vorgänge ab, von denen besonders die lebhafte Kohlensäure- und Wärmeproduction und die Zunahme des Wasserreichthums der Drüsen erwähnenswerth sind. Der

secernirte Speichel ist in Folge dieser Vorgänge reicher an CO_2 (Pflüger u. A.) und wärmer (bis 1,5° C., Ludwig) als das zu den Drüsen fliessende Blut.

Die **Wasserabsonderung** (s. S. 336) erfolgt in der Weise, dass das Secretwasser aus den die Drüsenräume umgebenden Capillaren in die periglandulären Lymphräume übertritt und die Membrana propria durchtränkt; aus letzterer beziehen es die Drüsenzellen. Der letztere Vorgang ist bei der Speichelsecretion keine einfache Filtration des Blutserums; er findet vielmehr unter Eigenthätigkeit der Drüsenzellen statt. Dies erhellt besonders daraus, dass der Druck des Speichels in den grösseren Speichelgängen, z. B. im Ductus Stenonianus, ein höherer ist als der während der Secretion bestehende Druck des Blutes in den zuführenden Gefässen der Drüsen (C. Ludwig).

Da alle Flüssigkeiten von dem Orte des höheren zu dem des niederen Druckes hinstreben und da bei der Speichelsecretion umgekehrt ein bedeutender Flüssigkeitsstrom vom Orte des niederen (den Blutgefässen) zu dem des höheren Druckes (dem Hohlraumsystem der Drüse) besteht, so müssen eigene Kräfte in der Drüse gegeben sein, welche die Secretion bewirken. Es wurde vorn (S. 337) schon dargelegt, dass diese Kräfte in den Drüsenzellen (z. B. in einer besonderen osmotischen Kraft derselben, einer Attraction auf das Blutwasser) zu suchen sind. Demnach ist der gesteigerte Austritt des Serum aus den Blutgefässen nicht die Ursache, sondern die Folge der Secretion. Er ist also ganz und gar von dem Bedarf der Drüsenzellen abhängig. Diese Thatsache erklärt es, dass beim Arbeiten der Drüsen kein Oedem derselben zu Stande kommt. Da das Blutserum zunächst in die periacinösen und peritubulären Lymphräume und aus diesen erst in die Drüsenräume eintritt, so hat Gianuzzi den Uebertritt in den Lymphraum als Folge des erhöhten Blutdrucks erklärt; erst die Ueberführung in die Drüsenräume sollte durch die unter nervösen Einflüssen stehende Drüsenthätigkeit bedingt sein. Experimentelle Nachweise von Heidenhain, Paschutin, Emminghaus u. s. w. zeigen die Unrichtigkeit der Gianuzzi'schen Lehre. — Hering erklärt die Secretion als einen Diffusionsvorgang, eingeleitet durch die osmotische Kraft der in den Zellen enthaltenen quellenden Eiweisskörper und besonders des Mucin derselben. Diese Theorie ist aber deshalb nicht haltbar, weil z. B. die Parotis, welche kein Mucin und wenig quellendes Material enthält, vorzüglich secernirt und weil die Wasserabsonderung bei einer lang dauernden Thätigkeit der Drüsen auch dann noch anhält, wenn das Mucin und der grösste Theil der Eiweisskörper aus den Zellen verschwunden ist. — Heidenhain nimmt an, dass die Zellen das Wasser schon im Ruhezustande und zwar so lange anziehen, bis dessen Spannung in ihnen ihrer endosmotischen Kraft das Gleichgewicht hält. Dieser Spannungszustand dauert so lange an, als die Drüse ruht, weil während der Ruhe die mit Filtrationswiderständen ausgerüstete Grenzschicht des Zellprotoplasma kein Wasser durchlässt. Sobald die Drüse thätig wird, hebt die die Secretion bedingende Nervenerregung die genannten Widerstände auf; in Folge dessen wird das Wasser nach dem Acinus abgegeben; es erfolgt nun neue Füllung mit Wasser, neue Entleerung u. s. w. Eine andere, eine Erweiterung der Hering'schen Anschauungen darstellende Theorie nimmt an, dass die Zellsubstanz eine chemische Metamorphose erleide, bei welcher zeitweise Stoffe entstehen, die eine ungemein grosse Affinität zum Wasser besitzen und sonach dieses dem Blute entziehen, um es, wenn sie in ihren früheren Zustand zurückkehren, nach dem Drüsenhohlraum abzugeben. Bei dieser Arbeitsleistung ent-

stehen als Nebenproducte der chemischen Umwandlung des Protoplasma: Leucin, Tyrosin, Mucin, Fermente, Kalisalze u. s. w.

Ueber die **Secretion der specifischen Bestandtheile**, d. h. des Ptyalin und des Mucin haben wir zuerst durch Heidenhain nähere Aufschlüsse erhalten; dieser Forscher bewies, dass die Zellen der thätig gewesenen Drüsen ein ganz anderes mikroskopisches Verhalten zeigen als die der ruhenden, und dass in der ruhenden und thätigen Drüse Veränderungen an den Zellen ablaufen, die mit dem Gesichtssinne wahrnehmbar sind und in Beziehungen zur Abgabe der specifischen Bestandtheile stehen, dass diese bei den Schleimzellen andere als bei den Eiweisszellen sind, dass ferner der Schleim- und Fermentgehalt der Drüsenzellen mikroskopisch feststellbar ist u. s. w. Zahlreiche Untersuchungen der Schüler Heidenhains und anderer Forscher haben die Heidenhain'schen Lehren z. Th. bestätigt, z. Th. erweitert.

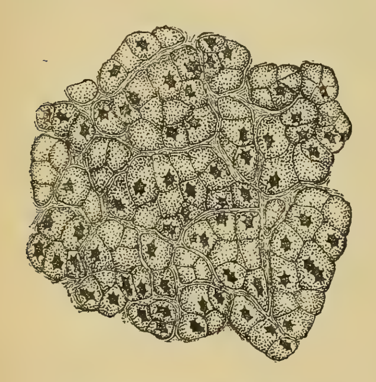


Fig. 37. Parotis des Kaninchens Ruhezustand (Heidenhain).

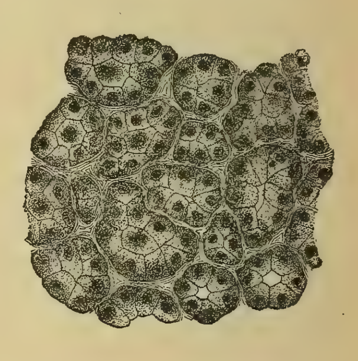


Fig. 38. Parotis des Kaninchens Reizung des Sympathicus (Heidenhain).

a) Die **Secretion des Fermentes.** Das Speichelferment kommt in gewisser, aber so geringer Menge im Blute und in allen thierischen Flüssigkeiten und Geweben vor (Lépine, Ellenberger und Hofmeister), dass die in dem Secret vieler Speicheldrüsen vorhandenen bedeutenden Fermentmengen nicht etwa als solche angesehen werden können, die dem Blute während der Secretion oder auch vorher entzogen worden sind. Es muss im Gegentheil angenommen werden, dass das in den thierischen Geweben und Säften vorhandene Ferment aus bestimmten ptyalinogenen Organen stammt und dass die Zellen der Speicheldrüsen das Ferment aus Blutbestandtheilen bereiten. Die in Folge dieser secretorischen Thätigkeit der Drüsenzellen an ihnen ablaufenden morphologischen Aenderungen sind folgende: Vor der Secretion, im ausgeruhten Zustande (Fig. 37) sind die Zellen gross und bestehen aus einer hellen, mit Karmin nicht färbbaren Grundsubstanz und einem zackigen, fast central gelagerten Kern. Die Grundsubstanz zeigt nur ganz peripher die feine Körnung des Protoplasma und enthält im

Uebrigen, besonders peripher, eine Anzahl gröberer Körnchen. Während der Thätigkeit wird der Kern rund, die helle Grundsubstanz (das Paraplasma Kupffer's) schwindet, die Körnchen wandern nach der Innenschicht und werden aufgelöst (Langley), während sich peripher und in der Umgebung des Kerns eine Vermehrung der feinkörnigen, färbbaren, netzförmig in den Zellleib sich fortsetzenden Protoplasmamasse bemerkbar macht. Nach der Secretion sind die Zellen klein, dicht und fein gekörnt, dunkel, trübe, mit Karmin färbbar und enthalten einen runden, etwas peripher gerückten Kern (ermüdete Drüse, Fig. 38). Während des Ruhestadiums (Fig. 37) wird der Zellleib wieder grösser, und der Kern zackig, während die helle Grundsubstanz und die grösseren peripheren Körnchen entstehen.

Die Richtigkeit dieser Darstellung kann ich auf Grund eigener Untersuchungen, die ich an den Speicheldrüsen des Pferdes vornahm, bestätigen (Edelmann und Ellenberger). Die vorstehend geschilderten Thatsachen lassen vermuthen, dass das Speichelferment, resp. dessen Vorstufe im sog. Ruhestadium der Drüsen vom Zellprotoplasma gebildet und angehäuft und während der Wasserabsonderung in Folge besonderer Nerveneinflüsse und der Wirkung des Blutserums löslich gemacht, gelöst und dem Secret beigemischt wird.

Nach Vorstehendem müsste die ausgeruhte Drüse und der zu Beginn einer Secretionsperiode gelieferte Speichel reich, die ermüdete Drüse und der später entleerte Speichel arm an Ferment sein.

Zur Prüfung der Richtigkeit dieser Schlussfolgerungen stellten wir eine Reihe von Versuchen an Pferden an: Wir untersuchten einmal den Speichel nüchterner Pferde und solchen Speichel, der zu Beginn der Secretion (resp. der Mahlzeit) secernirt wurde und verglichen ihn mit solchem, der in späteren Perioden resp. zu Ende der Mahlzeit abgesondert wurde. Sodann untersuchten wir die Drüsenextrakte von Pferden, die sich vor, zu Beginn und nach dem Ende einer Mahlzeit befanden. Die Secrete und die Extracte wurden auf die Grösse ihres saccharificirenden Vermögens und damit auf ihren quantitativen Fermentgehalt geprüft. Alle Versuche ergaben die Richtigkeit der oben gezogenen Schlussfolgerungen. Der zu Beginn der Absonderung gelieferte Speichel und die Extracte ruhender Drüsen wirkten bedeutend stärker auf Stärke verdauend ein als der zu Ende der Absonderung erhaltene Speichel und als die Extracte ermüdeter Drüsen. Die Frage, ob das Ferment fertig vorgebildet oder ob es in Form einer Vorstufe in den Drüsenzellen vorhanden ist und erst während der Secretion oder erst im Verdauungsschlauche in das wirksame Ferment übergeht, ist noch nicht definitiv gelöst. Einige in meinem Laboratorium angestellte Versuche deuten darauf hin, dass sich in den Drüsenzellen nur die Vorstufe des Ptyalin (Proptyalin) befindet (Goldschmidt).

Nach Vorstehendem gestaltet sich die Secretion des schleimfreien Speichels wie folgt: Während der Ruhe wachsen die Drüsenzellen und produciren das Ptyalin resp. das Proptyalin (Ptyalinogen) und häufen es in sich auf. Sobald der Secretionsreiz erfolgt, tritt das Strömen des Blutserums durch die Drüsenzellen nach dem Hohlraumsystem der Drüsen ein, wobei in Folge eines in den Drüsenzellen ablaufenden chemischen, vielleicht fermentativen Vorganges das Ferment resp. Zymogen, welches nach Heidenhain in der hellen Zellsubstanz und nach Langley in den groben, bei der Secretion gegen das Lumen vorrückenden Körnern

gegeben ist, löslich gemacht, allmählich gelöst und dem Secrete beigemischt wird; sowohl die groben Körnchen, wie die helle Grundsubstanz der Zellen, also zwei Zellbestandtheile, verschwinden allmählich bei der Secretion. Bei lang andauernder Secretion kann der Speichel deshalb schliesslich ganz fermentfrei werden.

b) **Die Schleimproduction** (s. S. 470). Das im Speichel enthaltene Mucin kommt vorgebildet im Blute nicht vor, muss also von den Drüsenzellen geliefert werden. Da nur die mit ganz bestimmten, eigenthümlichen Zellen ausgestatteten Drüsen und Epithelien Schleim liefern, so müssen die betreffenden Zellen die Schleimproducenten sein. Sie heissen deshalb auch Schleimzellen. Sie kommen in einigen Drüsen allein, in anderen mit Eiweisszellen gemischt, namentlich derart vor, dass Gruppen von Drüsenräumen mit der einen, andere mit der anderen Zellart ausgekleidet sind.

Die Schleimzellen sind vor der Secretion gross, hell, klar, oft



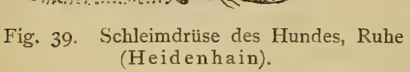


Fig. 39. Schleimdrüse des Hundes, Ruhe (Heidenhain).



Fig. 40. Orbitaldrüse des Hundes, starke Thätigkeit (Heidenhain).

bauchig ausgedehnt und besitzen einen an die Peripherie gedrängten, platt gedrückten Kern. In der hellen Grundsubstanz (Paraplasma, Mucigen) kommt nur sehr wenig körniges Protoplasma vor, welches sich um den Kern herum ansammelt und in Form feiner zarter Fäden (resp. eines Netzes) das Paraplasma durchzieht

Während der Secretion nimmt die hyaline Grundsubstanz ab oder verschwindet ganz, der Kern wird kugelig, das Kernkörperchen wird deutlich, die Zellen werden viel kleiner und erscheinen dicht gekörnt; das körnige Protoplasma wächst demnach während der Secretion. Die helle Grundsubstanz, welche verschwindet, ist eine mucigene Masse, welche bei der Secretion löslich gemacht, gelöst und in Mucin umgewandelt wird.

Die mikroskopischen Erscheinungen der Schleimsecretion (Fig. 39 und 40) sind verschieden, je nachdem es sich um Drüsen mit oder um solche ohne Halbmonde, oder um Oberflächenepithel handelt (letzteres

kommt hier nicht in Betracht). In den Drüsen mit Randzellcomplexen werden die wachsenden, producirenden Zellen bauchig wie Becherzellen und drücken die etwa unthätigen oder jugendlichen Zellen zusammen. In den anderen Drüsen behalten die Zellen ihre Gestalt und werden nur höher und grösser.

Stöhr glaubt, dass Randzellen und Schleimzellen in einander übergehen. Dadurch, dass sich die Randzelle mit Schleim füllt, wird sie zur Schleimzelle; nach der Entleerung ist sie wieder Randzelle, um wieder zur Schleimzelle anzuwachsen. Nach Stöhr sind also in jedem Acinus oder Tubulus die Zellen abwechselnd, vielleicht

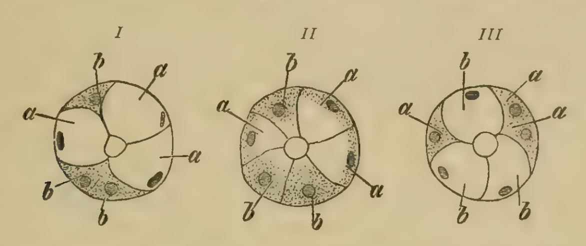


Fig. 41. In dem Acinus *I* sind die Zellen *a* gefüllt und die Zellen *b* erschöpft. In *II* ergiessen die Zellen *a* Schleim, die Zellen *b* wachsen. In *III* sind die Zellen *a* erschöpft und die Zellen *b* schleimgefüllt.

alternirend, in Thätigkeit und Ruhe; in jedem Stadium ist ein Theil der Zellen voll Schleim, der andere leer; während sich die einen leeren und dadurch klein und körnig werden, füllen sich die anderen und werden gross und homogen. Die letzteren



Fig. 42. 4 Acini der Sublingualdrüse des Pferdes; das dunkel Gefärbte ist der Schleim, z. Th. in den Zellen, z. Th. in dem Lumen (Sussdorf).

drängen, aufquellend die anderen gegen den Rand resp. schieben sich mit dem inneren Theile ihres Leibes vor diese (Fig. 41 und 42).

Nach Heidenhain, Lavdowsky u. A. sind die Randzellen die Ersatzzellen, die während der Secretion unter Zunahme ihrer Kernzahl wachsen und neue kleine trübe Zellen bilden. Bei so lebhafter Drüsenthätigkeit und so langer Andauer derselben, dass keine Gelegenheit zum Ansatz neuen Protoplasmas gegeben ist, gehen die Schleimzellen zu Grunde, sodass dann nur noch die körnigen Randzellen zugegen sind, aus denen die neuen Drüsenzellen herauswachsen. Sehr viele Autoren bestreiten,

dass bei der Secretion Zellen zu Grunde gehen (Ewald, Pflüger, Ebner, Ranvier, Bizozzero, Nussbaum, Dewitz, Stöhr, Sussdorf u. A.) und lehren, dass stets Reste derselben zurückbleiben, aus denen sich die neuen Zellen bilden.

Beide Processe, die geschilderte Schleim- und die Fermentproduction laufen in den meisten Speicheldrüsen neben- oder miteinander ab. In der Parotis und den unteren Backendrüsen (der Wiederkäuer) fehlt die Schleim- und in der Orbitalis, wie es scheint, die Fermentbildung. Bei lang anhaltender Drüsenthätigkeit treten sehr viele Leucocyten im Zwischengewebe der Drüsen auf.

Einfluss des Nervensystems (C. Ludwig, R. Heidenhain u. A.). Der Secretionsvorgang steht unter der Herrschaft des Nervensystems. Er ist in der Regel ein Reflexvorgang und wird durch Erregung sensibler Nerven, die ihre Erregung auf die Innervationscentren übertragen, selten durch die Psyche oder directe Reizung der Speichelcentra eingeleitet. Von den Centren aus erfolgt die Reizung der Speichelfasern, welche wesentlich im N. facialis, glossopharyngeus und sympathicus liegen. Der Regel nach wird jede grössere Speicheldrüse von zwei Arten von Nerven, von cerebrospinalen und sympathischen versorgt, z. B. die Submaxillaris vom N. facialis (durch die Chorda tympani) und N. sympathicus (Urspr.: oberhalb des 1. Halsganglion), die Parotis vom Facialis (Cl. Bernard) oder Glossopharyngeus (Eckhard, Löb und Heidenhain). (Bahnen: N. petrosus superficialis minor empfängt eine Anastomose vom N. Jacobsonii, Ganglion oticum Arnoldi, N. auriculotemporalis) oder von einer motorischen Trigeminuswurzel (Moussu), und vom N. sympathicus (aus den Plexus um die Carotis), die Sublingualis vom Facialis (Chorda tympani) oder Trigeminus (ramus lingualis) und vom Halssympathicus, die untere Molardrüse vom N. trigeminus (im N. buccalis nervi facialis verlaufend) und Sympathicus. Die experimentelle Forschung (C. Ludwig, Eckhardt, Cl. Bernard, Heidenhain u. A.) hat nachgewiesen, dass jede Nervenart einen specifischen Einfluss auf die Drüsenfunctionen ausübt. Die cerebralen Nerven beeinflussen die Secretion des Secretwassers, während die sympathischen Fasern die Production und Löslichmachung der specifischen Bestandtheile und der den Zellen entstammenden Eiweisskörper veranlassen. Heidenhain nennt die ersteren die secretorischen und die sympathischen die trophischen Nervenfasern. Jede Erregung der ersteren veranlasst stärkere Secretion des Wassers und jede Erregung der letzteren stärkere Secretion der specifischen Bestandtheile. Ist die Drüse ermüdet, dann bleibt die Reizung der trophischen Fasern ohne Erfolg, weil das organische Material, welches gelöst werden müsste, bereits verbraucht ist und demnach der Nerventhätigkeit das Object fehlt.

Das Vorhandensein besonderer Nerven für die Absonderung der specifischen Bestandtheile ist sicher dargethan. Fände in Folge der Wasserabsonderung eine einfache Lösung der in den Drüsenzellen vorhandenen specifischen Stoffe statt, dann müssten diese Stoffe bei rascher und reichlicher Wasserabsonderung rasch gelöst und fortgeschwemmt werden. Dies ist aber nicht der Fall. Nur die Stärke der Reizung der sogenannten trophischen Nerven entscheidet darüber, ob dem Wasser viel oder

wenig specifisches Material zugemischt wird. Bei Reizungen nur einer Nervenart einer secernirenden Drüse steigert sich je nachdem die Secretion des Wassers oder die der organischen Bestandtheile, letzteres aber nicht, wenn die Drüse bereits gearbeitet hat. Die stärkere Reizung der cerebralen Nerven hat neben der Absonderungszunahme auch eine erhebliche Zunahme des Salzgehaltes des Secretes zur Folge. Bei Steigerung der Reizung der Chorda tympani nimmt der Procentgehalt an festen Stoffen zu (einmal von 2 auf 3, einmal von 0,75 auf 2,2 pCt.). Bei längerer Andauer der Chordareizung nimmt die in der Zeiteinheit secernirte Menge an festen Bestandtheilen ab; auch ihr Procentgehalt sinkt. — Mit der Dauer der Nervenreizung sinkt der Gehalt an festen, besonders organischen Bestandtheilen; mit Steigerung der Reizstärke steigt sie, jedoch letzteres derart, dass Wasser und anorganische Bestandtheile parallel, die organischen Bestandtheile erst schneller und dann langsamer zunehmen; schwächt man nun den Reiz, dann sinkt die Menge der Salze rascher als die der organischen Stoffe.

Specielles. Reizung der cerebralen Nerven der **Submaxillaris** (Chorda tympani) bewirkt, dass eine grosse Menge eines klaren, hellen, an Salzen reichen, an organischen Bestandtheilen armen Speichels beschleunigt secernirt wird, während die Blutgefässe der Drüse bedeutend erweitert sind und das Blut rasch, in grosser Menge und unter höherem Drucke die Drüse durchfliesst und dabei nur einen geringen Grad von Venosität annimmt. Es kommt hellroth durch die pulsirenden Venen aus der Drüse heraus (Cl. Bernard). Bei Reizung des sympathischen Astes (Cl. Bernard) der Submaxillaris wird, während sich der Blutstrom unter Sinken des Blutdrucks bedeutend verlangsamt, die Gefässe sich verengern und das Blut stark venös wird, ein zäher, trüber, gallertartiger Speichel langsam und in geringer Menge entleert (Eckardt). Derselbe ist reicher an festen, namentlich organischen Bestandtheilen (2,7 pCt., Eckardt, bis 5,8 pCt., Heidenhain), vor allem reicher an Mucin als der Cerebralspeichel. Befindet sich der cerebrale Nerv in Reizung und wird nunmehr der Sympathicus mitgereizt, dann nimmt der Gehalt des Speichels an organischen Bestandtheilen zu, namentlich wenn die Drüse sich im Anfange ihrer Thätigkeit befindet. Ist dieselbe schon ermüdet, dann tritt diese Erscheinung nicht ein. Bei lang andauernder Sympathicusreizung sinkt im Gegentheil der Gehalt an festen Stoffen.

In Bezug der Nerveneinwirkung auf die **Parotis**, für welche auch im Halssympathicus durch Atropin zu lähmende und durch Pilocarpin zu erregende Fasern gegeben sein sollen (Langley), liegen widersprechende Angaben vor (v. Wittich, Eckhardt, Brettel, Hoppe-Seyler, Nawricki, Langley, Heidenhain u. A.)

Im Allgemeinen treten bei Reizungen der Parotisnerven dieselben Erscheinungen wie bei Reizungen der Submaxillarisnerven auf. Reizung des N. Jacobsonii bedingt Absonderung eines wasserklaren Speichels, der z. B. nur 0,24 organische Stoffe und 0,31 Salze enthält. Reizung des N. Jacobsonii mit gleichzeitiger Reizung des N. sympathicus ruft die Secretion eines an festen Bestandtheilen reicheren (2,06 Organisches, 0,36 Salze) Secretes hervor, bei Reizverstärkung des N. sympathicus wird der Speichel trübe. Reizt man den Sympathicus einer ruhenden Drüse allein, dann tritt keine Secretion ein. Der Sympathicus ist für die Parotis also ein rein trophischer Nerv; seine Reizung kann nur dann einen Secretionseffect haben, wenn secretorische Fasern mitgereizt werden. Während also für die Parotis der sympathische Ast nur sympathische Fasern enthält, besitzt derselbe für die Submaxillaris auch einige secretorische Fasern, während die Chorda tymp. auch einige sympathische Fasern führt. Bei der Parotis ändert sich das mikroskopische Bild der Zellen bei Sympathicus-, bei der Submaxillaris bei Chordareizung.

Bei Durchschneidung der Speichelnerven einer Drüse tritt zunächst ein Sistiren der

Speichelsecretion ein. Nach einer Stunde oder nach 2—3 Tagen beginnt dieselbe aber wieder und besteht längere Zeit continuirlich fort (Cl. Bernard's paralytische Secretion), wobei auch die Drüsen der anderen Seite mit secerniren. Der paralytische Speichel ist dünnflüssig, arm an Schleim, reich an Speichelkörperchen. Diese Secretion ist vielleicht die Folge der Reizung der Drüsenzellen durch den sich zersetzenden Speichel. Nach 5—6 Wochen hört diese Secretion auf, während die Drüsen degeneriren (Cl. Bernardt, Heidenhain, entgegen von Bidder). Merkwürdiger Weise erstreckt sich die paralytische Secretion auch auf die gesunde Seite (consensuelle Sympathie).

Nicht bei allen Drüsen sind gleiche Innervationsverhältnisse wie bei der Parotis und Submaxillaris dargethan.

Für die Sublingualis ist die paralytische Secretion und der Einfluss der Reizung der Chorda tympani durch Heidenhain nachgewiesen. Näheres ist nicht bekannt. Für die Buccalis ist dargethan, dass Reizung des Nervus buccalis deren Secretion hervorruft (Moussu).

Zu den genannten beiden Arten von Secretionsnerven der Speicheldrüsen kommen noch die Gefäss- und die Muskelnerven (der Drüsenmuskulatur) hinzu.

Die Gefässnerven fallen nicht mit den Secretionsnerven zusammen. Man kann jede dieser Nervenarten für sich lähmen (Heidenhain). Bei Lähmung der Secretionsnerven (durch Atropin z. B.) ruft die Reizung der Gefässnerven (Chorda) keine Secretion, wohl aber Erweiterung der Gefässe und Beschleunigung des Blutstromes und Arteriellbleiben des Blutes hervor, während bei Reizung des Sympathicus ein sympathisches Secret abgesondert wird. Die Wassersecretionsfasern sind in diesem Falle gelähmt, nicht die trophischen Fasern und nicht die Zellen. Ueber die Nerven der Drüsenmuskulatur ist Näheres nicht bekannt; ebensowenig kennt man Genaueres über die Ernährungsnerven der Drüsen.

Was den **Einfluss der Blutcirculation** auf die Speichelsecretion anlangt, so gilt das über Secretionen im Allgemeinen Gesagte (s. S. 340).

Bei heftigen körperlichen Anstrengungen, bei starkem Schwitzen mindert sich die Speichelsecretion, weil Eindickung des Blutes besteht. — Bei Aufhebung des Blutstromes und nach dem Tode der Thiere hält die Secretion in den Drüsen noch einige Zeit an (C. Ludwig, Gianuzzi, Brettel).

Das **Centralorgan** (Reflexcentrum) für die Speichelsecretion liegt sowohl für die centralen wie für die sympathischen Nerven in der Medulla oblongata (Bernard, Eckhard, Löb, Grützner, Chlapowski, M. Friedreich, Külz), es ist reflectorisch erregbar von den sensiblen und den Geschmacksnerven des Mundes und Rachens und von dem N. vagus. Da die Reizung gewisser Gehirnbezirke Speichelsecretion hervorruft, so muss noch ein zweites cerebrales Centrum vorhanden sein. Es liegt in der Gegend der Fissura cruciata (Landois, Owsjannikow, Lépine, Bacchi, Rochefontaine, Bechterew).

Als Uebertragungsorgan für Reflexe soll aber nicht nur die Medulla oblongata resp. das Gehirn, sondern auch das Ganglion submaxillare fungiren (Cl. Bernard, Kühne, Bidder, entgegen Heidenhain, Eckhard).

Ausser den Erregungs-, soll es auch **Hemmungsnerven** für die Speichelsecretion geben; ungewöhnliche Reizungen des N. ischiadicus und der Darmnerven wirken z. B. antisialagog (Pawlow). Das Sistiren der Secretion der Submaxillaris beim Wiederkauen ist sicherlich ein reflectorischer Hemmungsakt (Ellenberger). Verletzung

der hinteren Ponsgegend bedingt Steigerung der Speichelsecretion, besonders nach reflectorischer Anregung (Bernard).

Secretionsreize. 1. Die physiologische Erregung der Speichelcentren erfolgt bei der Nahrungsaufnahme und beim Kauen und zwar reflectorisch von den sensiblen und sensoriellen Nerven der Mundhöhle (N. glosso-pharyngeus und trigeminus), seltener von dem N. olfactorius und dem N. vagus (von der Magenschleimhaut). Alle mechanischen, chemischen, thermischen, electrischen Reizungen der Mundschleimhaut, alle schmeckbaren Substanzen (N. glossopharyngeus und lingualis) und alle wasserentziehenden Stoffe bedingen eine Steigerung der Speichelsecretion und zwar um so bedeutender, je heftiger und umfangreicher die Reizung ist. Am meisten secretionserregend aber scheint der mechanische Akt des Kauens zu wirken.

Schiff will zwar bei Hunden beim Kauen von Holzstücken nur eine minimale Secretion gesehen haben und schliesst daraus, dass es nicht der Kauact, sondern das gekaute Material sei, welches die Speichelsecretion anregt. Wir haben aber bei Pferden und Rindern bei den Secretionen, welche künstlich durch Einlegen eines Gebisses, eines Holzstückes, einer eisernen Raspel in den Mund, durch Spielen mit den Fingern an Zunge und Gaumen, durch Anheften einer kleinen Klemmpincette an das Frenulum linguae (welche das Thier zu Bewegungen mit der Zunge und den Kiefern behufs Entfernung des Gegenstandes veranlasste) hervorgerufen wurden, erhebliche Speichelmengen erhalten, so z. B. einmal 450 und einmal 1000 *g* in einer Stunde. Es ist allerdings richtig, dass beim Kauen von Nahrung bedeutend mehr Speichel secernirt wird als bei künstlich erregtem Kauen. Dies erklärt sich daraus, dass das natürliche Kauen regelmässiger und energischer geschieht als das künstlich hervorgebrachte und dass bei ersterem auch noch der Reiz der Nahrung auf die Zungennerven in Betracht kommt. Die höchste Höhe erreicht die Secretion, d. h. die Drüsenthätigkeit erst kurz nach Beginn der Mahlzeit, obgleich das Kauen anfangs am heftigsten ist. Mit Abnahme des Appetits und Verlangsamung der Kaubewegungen nimmt die Speichelsecretion wieder ab. Dass der mechanische Akt des Kauens in Betracht kommt, geht, abgesehen von der Thatsache, dass auch das Sprechen des Menschen secretionserregend wirkt, auch daraus hervor, dass die Parotiden der Kauseite mehr secerniren als die der Ruheseite. Bei der Submaxillaris beobachtete ich diese Thatsache nicht (Ellenberger) und auch bei der Sublingualis soll dies nicht der Fall sein (Colin).

Zwischen den Mahlzeiten besteht im Allgemeinen nur eine geringe Speichelsecretion; beim Pferde secerniren die Submaxillaris und Parotis zu diesen Zeiten nicht (Ellenberger und Hofmeister). Bei den Wiederkäuern hält die Secretion der Parotiden, wenn auch vermindert an (Colin, Eckhard, Ellenberger und Hofmeister). — Säugende Thiere secerniren fast gar keinen Speichel.

2. Alle directen Reizungen der Speichelnerven rufen die Speichelsecretion hervor oder steigern sie.

3. Reizung der Magenschleimhaut regt die Speichelsecretion an (Bidder und Schmidt, Frerichs, Öhl, im Widerspruch zu Braun und Buff).

4. Reizung des Vagus bedingt unter Umständen den Eintritt der Speichelsecretion (Öhl, Buff).

5. Erregung vieler sensibler Nerven (Owsjanikow, Tschierjew,

Grützner, Schwahn, Buff), auch des N. acusticus (schrille Töne, Stark) und des Opticus, Reizung der Conjunctiva (Aschenbrandt, von Wittich) rufen Speichelsecretion hervor.

6. Auch die Psyche kann anregend auf die Speichelsecretion einwirken. Der Anblick von Lieblingsspeisen steigert die Speichelsecretion. Zeigte ich Pferden oder Rindern, denen ich Speichelfisteln angelegt hatte, Nahrungsmittel, dann trat stets der Speichel lebhaft aus den Kanülen aus (Ellenberger). Colin bestreitet dies.

7. Die sensiblen Nerven aller Eingeweide, namentlich die der Verdauungsdrüsen, können die Speichelsecretion reflectorisch hervorrufen. Die sämmtlichen Verdauungsdrüsen stehen in sympathischen und zwar meist consensuellen Beziehungen zu einander. Reizung einer dieser Drüsen ruft die Erregung anderer hervor.

Viele Arzneimittel haben eine hervorragende Wirkung auf die Speicheldrüsen; sie steigern oder hemmen die Speichelabsonderung. Zu den sialagogen Mitteln gehören Pilocarpin, Physostigmin, Muscarin, Nicotin, Quecksilber, Jod und ausserdem alle scharfen und reizenden Mittel, wenn sie in die Mundhöhle oder in den Magen eingeführt werden (Pyrethrum, Pimpinella, Pfeffer, Senf, Meerrettig, Canthariden, alle bitteren Mittel), sodann alle Nauseosa und Emetica, das Kauen süsser Dinge u. s. w.

Die Speichelmengen, welche bei Einwirkung von Pilocarpin oder Muscarin abfliessen, sind sehr bedeutend. So konstatirten wir z. B. bei einem Pferde nach subcutaner Injection von 0,2 *g* Piloc. hydrochlorat. im Laufe von $2^1/_2$ Stunden die Secretion von 6 *kg* Speichel; von 2 anderen Pferden secernirte in derselben Zeit nach Injection von 0,5 *g* Piloc. hydrochlorat. das eine 10 *kg*, das andere 9 *kg* Speichel; bei einem vierten Pferde wurden nach Injection von 0,7 *g* Piloc. hydrochlorat. in 10 Minuten 1000 *g* Speichel, in 4 Stunden 15 *kg* Speichel entleert.

Da das Pilocarpin auch alle anderen Drüsen, mit Ausnahme der Nieren, anregt, Schwitzen und Diarrhöe hervorruft, so bedingt es bedeutendes Absinken des Körpergewichtes: wir konstatirten bei Pferden eine Gewichtsabnahme von 10—30 *kg*, je nach der Grösse der verwendeten Pilocarpindose.

Hemmend auf die Speichelsecretion wirken Atropin, Daturin, Cicutin, Jodäthylstrychnin, grosse Dosen Nicotin, Säuren und Adstringentien.

Pilocarpin und Muscarin steigern nach meinen Beobachtungen wesentlich die Wassersecretion, wie Atropin wesentlich diese hemmt. Auf die Secretion der specifischen und organischen Bestandtheile scheint Pilocarpin nicht einzuwirken (Ellenberger).

Die qantitativen Verhältnisse der Secretion und die Einspeichelung der Nahrung. Hierüber liegen Untersuchungen vor von Cl. Bernard, Lassaigne, Magendie, Rayer, Gurlt, Tiedemann und Gmelin, Schulz, Girard, Hering, Hertwig, Ellenberger und Hofmeister, Goldschmidt u. A. Die Menge des in einer bestimmten Zeit oder während einer Mahlzeit secernirten Speichels richtet sich nach der Thierart resp. nach der Ausbildung der Speicheldrüsen, nach der Rauhigkeit und Trockenheit der Nahrung, nach der Länge des Kauaktes, nach der Sorgfalt des Kauens, nach der Folge der Mahlzeiten, nach dem Gehalte der Nahrung an sialagogen Mitteln u. dgl.

Was die Masse der drei grossen Speicheldrüsen (Parotides, Submaxillares, Sublinguales) anlangt, so besitzen von den Hausthieren Rind und Pferd die relativ grössten

Speicheldrüsen, dann folgt das Schwein (ca. halb so schwer als die des Rindes), dann das Schaf ($^1/_4$ oder $^1/_3$ von denen des Schweines), dann die Ziege ($^1/_2$ von denen des Schafes) und der Hund.

Der Antheil der einzelnen Drüsen an der gesammten Secretion richtet sich nur zum Theil nach ihrem Grössenverhältnisse und ihrem Blutgefässreichthume. So ist die Parotis des Pferdes 4mal so gross als die Submaxillaris, liefert aber 15—30mal mehr Speichel als diese; die Parotis des Rindes ist der Submaxillaris gleich an Masse, secernirt aber 4—6mal mehr Speichel als diese. Die Drüsenthätigkeit hängt also von bestimmten, uns noch nicht näher bekannten Verhältnissen ab.

Die Parotiden secerniren auf der Kauseite besser als auf der ruhenden Seite. Sie alterniren in der Thätigkeit; während die eine Drüse lebhaft arbeitet, secernirt die andere träge (900 : 200; 580 : 320, Colin).

Beim Kauen secerniren alle Drüsen, in den Pausen zwischen den Mahlzeiten dagegen beim Pferde nur die kleinen Munddrüsen; die Parotiden und die submaxillaren Drüsen ruhen. Beim Rinde ruht nur die Submaxillaris; die Parotiden secerniren während der Abstinenz, um den Inhalt der Vormägen feucht zu erhalten und für die Rumination vorzubereiten. Sie liefern aber während des Kauens in der Zeiteinheit 4—8mal mehr Speichel als beim Hungern. Beim Ruminiren secerniren andere Drüsen als bei der Nahrungsaufnahme.

1. **Die Gesammtsecretion.** Die Menge des täglich bei den Pflanzenfressern secernirten Speichels ist eine so bedeutende, dass es erstaunlich ist, dass das Blut derartige enorme Wasserverluste ertragen kann.

Beim Pferde betrug die Gesammtmenge des secernirten Speichels bei der Aufnahme von Heu das Vierfache des Gewichtes des genossenen Futters (beim Kauen von 500 *g* Heu wurden 2000 *g* Speichel secernirt), bei Hafer- und Häckselaufnahme die doppelte und bei Grünfuttergenuss die Hälfte des Futtergewichtes (Ellenberger und Hofmeister, Lassaigne).

Bei einer Tagesaufnahme von 5000 *g* Heu und 5000 *g* Stroh beträgt die Speichelmenge 40 und bei Aufnahme von 5 *kg* Hafer nur 10 *kg*; beim Kauen von Heu werden in der Stunde etwa 4—6000 *g*, beim Kauen von Hafer 1500—2000 *g*, beim Kauen von Gras etwa 1000 *g* secernirt.

Bei Pilocarpin-Injectionen fliessen den Thieren, trotzdem viel Speichel abgeschluckt wird, noch erhebliche Speichelmengen aus dem Munde. Wir haben aufgefangen in $2^1/_2$ Stunden einmal 9000, einmal 10 000 *g*, in 10 Minuten 1000, in 4 Stunden 15 000 *g* Speichel (Ellenberger und Hofmeister).

Das Rind sondert in 24 Stunden bei einer Ernährung mit Heu und Stroh ca. 56 *kg* Speichel (40 *kg* Kau- und Wiederkau- und 16 *kg* Fastenspeichel) ab (Colin).

Der Hund secernirt in 1 Stunde ca. 100—120 *g*.

Der Mensch sondert in 24 Stunden 200—2000 *g* ab. — Ueber die von anderen Thieren secernirten Speichelmengen liegen keine genauen Untersuchungen vor.

2. **Die Secretion der einzelnen Drüsen. Anatomisches.** Beim Pferde ist die Parotis die grösste Drüse, sie ist bedeutend grösser als die des Rindes; dagegen ist die Submaxillaris des letzteren Thieres 3mal grösser als die des Pferdes. Die Parotiden von Schaf und Ziege sind einander gleich, die Submaxillaris der Ziege ist

aber viel kleiner als die des Schafs. Die Parotis des Schweines ist relativ sehr gross, sie ist so gross als die des Rindes. Beim Hunde und der Katze sind die beiden genannten Drüsen klein. Die Sublingualis des Rindes ist fast doppelt so gross als die des Pferdes; bei Schaf, Ziege und Schwein ist diese Drüse klein, beim Hunde dagegen gross (3—4mal grösser als die des Schafs und der Ziege).

1. Die Parotiden. Beide Parotiden des Pferdes lieferten bei den vielen von uns angestellten Versuchen in der Stunde beim Kauen von Hafer, Heu oder Häcksel 2000—4000 *g*, also z. B. in 4 Stunden 16 000 *g* (Ellenberger und Hofmeister).

Colin spricht von 800—2400 *g* pro Stunde; Girard sammelte bei einer Heumahlzeit 10 000 *g* u. s. w. Die Angaben von Hering, Hertwig, Gurlt, Schulz, die viel geringere Mengen aufsammelten, müssen auf Irrungen beruhen. — Beim Pferde liefert die Parotis $^2/_3$—$^7/_{10}$ und die Submaxillaris $^1/_{20}$ der gesammten secernirten Speichelmenge.

Beim Rinde secernirte eine Parotis in einer Stunde 200—700 *ccm*, z. B. in $2^1/_2$ Stunden 3300, in 5 Stunden 3700 *g* Speichel (Ellenberger und Hofmeister). Bei einer Pilocarpin-Injection sammelten wir aus einem Stenson'schen Gange in $1^1/_4$ Stunde 2720 *ccm* Speichel.

Beim Hammel sammelte man in $4^1/_2$ Stunden 40,11 *g*.

2. Die Submaxillardrüsen. Eine Drüse lieferte bei unseren Untersuchungen a) bei Pferden während einer Mahlzeit 150—500 *g*, b) bei Rindern beim Kauen in einer Stunde 200—480 (10 Beobachtungen), in 2—3 Stunden 300—500 *g* u. s. w.; c) bei einer Pilocarpin-Injection lieferte eine Drüse in $1^1/_4$ Stunde 475 *g*, in einem anderen Falle in 10 Minuten 150 *g* (Ellenberger und Hofmeister). d) Beim Hunde sammelte man in 15 Minuten 2—30 *g*.

Die Submaxillares alterniren nicht beim Kauen; ebensowenig die Sublinguales; die beiderseitigen Drüsen secerniren gleiche Mengen und zwar zu Beginn der Mahlzeit mehr als später. Zwischen den Mahlzeiten und beim Wiederkauen secernirt die Submaxillaris nicht, wohl aber bei künstlich erregtem Kauen und beim Reizen der Mundschleimhaut.

3. Ueber die von den kleinen Drüsen gelieferten Secretmengen ist Sicheres nicht bekannt.

Die Drüsen des Zungengrundes, der Rachenhöhle, des Schlundes verhalten sich je nach ihrer Natur wie Eiweiss- resp. Schleimdrüsen überhaupt.

---

2. Der Magensaft.

Eigenschaften. Der reine Magensaft*) (Bidder und Schmidt, Hübrecht, Grünwald, E. de Schröder, Lehmann, Kühne u. A.) ist zuweilen klar und wasserhell, zuweilen getrübt, von saurer Reaction

*) Wenn beim Aufsammeln des Magensaftes der Schlund nicht abgebunden worden ist, dann ist der Magensaft mit dem Speichel gemischt = gemischter Magensaft. Ausserdem findet man in diesem in der Regel Reste von gelösten und ungelösten Nahrungsmitteln, verschluckten Haaren, Mikroorganismen und dergl.

und säuerlichem Geschmacke, dabei zähe und fadenziehend, von einem specifischen Gewichte von 1,001—1,010, enthält in der Regel Salz- und Milchsäure, sodann verschiedene Eiweisskörper (Albumin, Caseïn, Syntonin, Hemialbumose, Pepton), viel Mucin; Salze (Chloride, Sulfate etc.), Extractivstoffe, gewisse durch Alkohol fällbare Fermente (Enzyme) und verschiedene Beimischungen (Muskelfasern, Fetttropfen, Bindegewebsfetzen, Amylumkörner, Labzellen, Epithelien, Mikroorganismen u. s. w.).

1. **Die Magensäure.** Bis zur definitiven Entscheidung der Frage über die Natur der Magensaftsäure haben dieselbe 12 Autoren als Milch-, 14 (Prout, 1824) als Salz- und 2 als Phosphorsäure bezeichnet. C. Schmidt erst hat den unwiderlegten Nachweis des Vorhandenseins freier HCl im Magensafte und zwar in der Weise geführt, dass er im Magensafte sämmtliches Chlor und sämmtliche Basen bestimmte und dann die Basen auf Chlormetalle berechnete. Der verbleibende Chlorüberschuss konnte nur auf HCl bezogen werden. Nach dieser Methode ist der Nachweis von HCl im Magensaft ausser von Schmidt auch noch von anderen Autoren und in Bezug auf den Pferdemagensaft auch von uns (V. Hofmeister) geliefert worden.

Die Lehre von dem Vorhandensein von freier Salzsäure im Organismus ist vielfach bestritten worden, z. B. noch in neuerer Zeit von Laborde. Viele Autoren haben angenommen, dass die HCl an eine schwache Base, z. B. an Pepsin als Pepsinchlorwasserstoffsäure (C. Schmidt u. A.), oder an Leucin (Richet) gebunden sei. Nach den vorliegenden Analysen bleibt aber selbst dann, wenn man annimmt, dass Pepsinchlorwasserstoffsäure im Magen enthalten ist und wenn man das muthmassliche Atomgewicht nicht ganz unwahrscheinlich niedrig setzt, noch ein Ueberschuss an freier HCl bestehen (Hoppe-Seyler). — Ausser der Schmidt'schen sind noch eine ganze Anzahl anderer Methoden zum qualitativen Nachweis und zur quantitativen Bestimmung der Salzsäure im Magensafte und im Mageninhalte vorgeschlagen worden (Prout, Braconnat, Tiedemann und Gmelin, Bernard und Barreswil, Löwenthal, Lenssen, Rabuteau, Mohr, Witz, Hilger, Bellini, Berthelot, Richet, v. d. Velden, Uffelmann, Ewald, Ellenberger und Hofmeister, Goldschmidt, Laborde, Günzberg, Sjöquist, Hans Leo, Mintz, von Pfungen u. A.); die neueren Methoden stützen sich auf das Verhalten der HCl und der organischen Säuren zur Destillation, zur Diffusion, zu verschiedenen Farbstoffen (Methylviolett, Heidelbeersaft, Rothwein, Dahlia, Helianthin, Fuchsin, Tropäolin, Rosolsäure), zu Rhodankalium, Rhodanammonium, weinsaurem Natriumeisen, zu Stärke, zum diastatischen Fermente, zum Cinchonin, Phloroglucin-Vanillin, Bleisuperoxyd, zu Rohrzucker, zu Eisenchlorid-Carbollösung, zu Baryumcarbonat, zu kohlensaurem Kalk in Verbindung mit Chlorcalcium u. s. w.

Die Prüfung mit Farbstoffen ist bei Mischungen von organischen und anorganischen Säuren und bei Gegenwart von Gährungs-, Fäulniss- und Verdauungsproducten, von Nährstoffen und dergl. sehr unsicher. In neuerer Zeit dient fast allgemein das Verhalten der Säuren zu Aether und zur Destillation als Grundlage der Bestimmungsmethoden (Cahn und v. Mehring).

Der Säuregehalt des Mageninhaltes hängt von der Verdauungsperiode, der Beschaffenheit der Nahrung, der Magenregion und dergl. ab. Der sogenannte reine Magensaft enthält nach C. Schmidt beim

Hunde 0,25—0,42 pCt. HCl; nach Heidenhain enthält das Fundusdrüsensecret 0,46—0,58 pCt. HCl; Hoppe fand beim Menschen 0,3 pCt.; beim Schaf wurden 0,12, beim Rinde 0,1—0,2 pCt., beim Pferde 0,1—0,3 pCt. (Ellenberger und Hofmeister) HCl gefunden. In den gemischten Magenflüssigkeiten beim Pferde fanden wir bei Häcksel-Haferfütterung 0,045 pCt. (0,0163 Salzsäure, 0,0287 pCt. Milchsäure), bei Haferfutter 0,11 pCt. (0,049 Salz- und 0,061 Milchsäure), bei Heufutter 0,182 pCt. freie Säure (0,002 freie Salzsäure, 0,179 pCt. Milchsäure). — Im reinen Magensaft soll nach C. Schmidt, Hoppe-Seyler, Ewald u. A. keine Milchsäure vorhanden sein; ich finde dieselbe stets; jeder, auch der ganz reine Magensaft, färbt eine blaue oder violette Lösung von Carbolsäure und Tinct. ferri sesquichlorat. gelb. Auch lässt sich die Milchsäure als Zinklactat und als Gährungsmilchsäure bestimmen, wie dies von uns vielfach geschehen ist.

2. **Das Pepsin.** Eberle, Th. Schwann und Wassmann haben zuerst dargethan, dass sich im Magensaft und in der Magenschleimhaut ein eigenthümlicher Körper befindet, welcher in Gemeinschaft mit der verdünnten HCl Eiweisskörper in Lösung überführt. Schwann nannte diesen Körper Pepsin (1836). Die chemischen Eigenschaften des Pepsins, eines hydrolytischen Fermentes (Enzyme) sind uns noch unbekannt, weil es nicht rein darstellbar ist.

Das, was man Pepsin nennt, ist ein pepsinhaltiges Gemenge verschiedener Stoffe. Dieses unreine Pepsin kann nach verschiedenen Methoden dargestellt werden (Wassmann, Frerichs, Schmidt, v. Wittich, Brücke, Cohnheim u. A.) Aus Flüssigkeiten, welche Pepsin enthalten, z. B. aus reinem und gemischtem natürlichen und aus künstlichem Magensaft (Magenschleimhautextracten) erhält man das Pepsin wie folgt: 1. Durch Fällung und zwar durch mechanisch und chemisch fällende Mittel, z. B. durch Russkohle, Schmirgel, Knochenmehl, Ziegelsteinpulver, (Heltzl, Brücke), durch Kalkwasser und Phosphorsäure, Chlorcalcium und Natriumdiphosphat, Alkohol u. s. w. — 2. Durch Diffusion. Da das Pepsin durch Pergamentpapier nicht diffundirt (Kressilnikoff, Schöffer, v. Wittich, Wolffhügel, Hammarsten, Ellenberger und Hofmeister), so kann man dasselbe dadurch erhalten, dass man pepsinhaltige Flüssigkeiten längere Zeit der Diffusion gegen oft zu erneuerndes Wasser aussetzt. — 3. Durch Combination beider Methoden, durch Anwendung von Auswasch-, Filtrir- und Selbstverdauungsmethoden u. s. w. Man hat oft recht complicirte und zeitraubende Methoden angewendet (Sundberg u. A.), ohne aber jemals ein absolut reines Pepsin erhalten zu können. Demnach hat eine quantitative Bestimmung des Pepsingehaltes des Magensaftes, wie dies von Schütz und Anderen geschehen ist, keinen Werth.

Aus Magenextracten lässt sich rascher ein verhältnissmässig reines Pepsin darstellen, als aus der unreinen, gemischten Magenflüssigkeit (siehe »Gewinnung des Magensaftes«).

Das sogenannte Pepsin stellt einen amorphen, grauweissen, N-haltigen Körper dar, der in Wasser, Säuren, Sodalösungen, Glycerin, Kochsalzlösungen u. s. w. löslich, in Alkohol dagegen unlöslich ist, der durch Pergamentpapier nicht diffundirt, der an kleinen festen Körpern adhärirt, daher durch Kohlenpulver, Cholesterin, Kalkwasser u. s. w. aus Lösungen gefällt wird. Das Pepsin ist den Eiweisskörpern ähnlich, es giebt aber

die Xanthoproteïnreaction nicht, wird nicht durch Essigsäure und Kaliumeisencyanür und nicht durch Quecksilberchlorid, Silbernitrat und Jod gefällt. Ueber seine physiologischen Wirkungen und sein Verhalten bei verschiedenen Temperaturgraden siehe »Verdauungslehre«.

Verbreitung des Pepsin. Dasselbe findet sich, ebenso wie das Labferment, in grossen Mengen in der Schleimhaut der Fundusdrüsengegend und in geringen Mengen in der Schleimhaut der Cardia- und Pylorusdrüsenregion (Wittich, Friedinger, Ellenberger und Hofmeister, Grützner, Ebstein, Schiff u. A). Ausserdem ist es in Spuren in den Muskeln und im Harn (Brücke) gefunden worden. Wir haben in den anderen thierischen Geweben und Flüssigkeiten kein Pepsin gefunden. Föten und neugeborene Hunde haben zunächst kein Pepsin in der Magenschleimhaut; Rindsföten und neugeborene Pferde besitzen solches (Schlosshagen, Ellenberger und Hofmeister).

Die sonstigen Enzyme des Magensaftes, das Labferment (Hammarsten, Al. Schmidt, Kapeller, Selmi, Heintz), das Milchsäure-, das diastatische und das Fettferment (C. Ludwig, Ogata) sind in ihren Eigenschaften noch weniger bekannt als das Pepsin, sie sind in Wasser und Glycerin, Kochsalzlösungen, Säuren und dergl. löslich, werden durch Alkohol, Blei, Cholesterin u. s. w. gefällt, diffundiren schwer u. s. w.

Die quantitative Zusammensetzung des Magensaftes. Analysen über den Magensaft liegen vor von C. Schmidt, Richet, Berzelius, Wright, Leuret und Lassaigne, Frerichs, Tiedemann und Gmelin, Jacubowitsch u. A. — Beim Hunde fand man im Mittel 2,69, beim Schafe 1,385, beim Menschen 0,5 pCt. feste Bestandtheile.

Bestandtheile	a) Magensaft des Menschen	b) Magensaft des Hundes		d) Magensaft vom Schaf	e) Magensaft vom Pferd
		b) speichelfrei	c) speichelhaltig		
Wasser	994,4	973,06	971,171	986,14	982,8
Organische Stoffe	3,19	17,13	17,33	4,05	9,8
Anorganische Stoffe	2,41	9,71	11,5	9,81	7,4
Salzsäure	0,2	3,34	2,34	1,23	1,3

An anorganischen Bestandtheilen überhaupt fand C. Schmidt: HCl, CaO, NaCl, KCl, NH_4Cl, Ammoniakniederschläge, $Ca_3\,2(PO)_4$, $Mg_3\,2(PO)_4$, $FePO_4$. Da $Ca_3\,2PO_4$ und $Mg_3\,2PO_4$ in saurer Lösung nicht bestehen können, so sind dieselben in $Ca\,2(PO_4H_2)$ umzusetzen, das übrige Ca ist durch Cl gesättigt; nach dieser Umrechnung findet man im reinen Hundemagensaft 2,259 HCl, 1,861 $CaCl_2$, 1,305 Ca $2(PO_4H_2)$.

Wir haben nur die Magenflüssigkeit, nicht den Magensaft analysirt. Die erstere wurde zum Theil durch Auspressen, Durchseihen und Filtriren des unveränderten Mageninhaltes, theils durch Auspumpen des Mageninhaltes und also Vermischen mit Wasser gewonnen.

Der nach der ersteren Methode erhaltene Magensaft bestand aus:

a) bei Haferhäckselfütterung	b) bei Haferfütterung	c) bei Heufütterung (3 Analysen)
843,4 Wassser	925,0 Wasser	972,6 – 987,0 Wasser
69,9 organischen Stoffen	40,0 organischen Stoffen	20,2 – 5,1 organischen Stoffen
86,7 anorganischen Stoffen	35,0 anorganischen Stoffen	7,2 — 7,9 anorganischen Stoffen

Der durch Auspumpen gewonnene Saft enthielt 991,4—996,7 Wasser und 3,251 oder 8,525 oder 8,584 Salze, Chlorkalium (0,175—1,46), Chlornatrium (2,5—5,68), schwefelsaures Natrium (0,03—0,38), Chlorcalcium (0,14), Chlormagnesium (0,067), Phosphorsaurer Kalk und Magnesia (0,2 – 1,6).

Die Secretion des Magensaftes.

Als absondernder Apparat des Magensaftes fungirt die Schleimhaut des Magens, insoweit sie Drüsen enthält und mit einem cylindrischen Oberflächenepithel bedeckt ist.

Die cutanen, drüsenlosen Schleimhautabschnitte des Pferde-, Wiederkäuer- und Schweinemagens secerniren nicht. Bei der Magensaftsecretion müssen wir wie bei allen Absonderungen die Wasserabsonderung von der Absonderung der besonderen Bestandtheile, des Mucin, der Säure und der Fermente trennen.

A. Ueber die **Wasserabsonderung** im Magen wissen wir so gut wie nichts. Jedenfalls kommen bei ihr dieselben Momente in Betracht, wie bei der Speichelsecretion. Das Wasser des Magensaftes entstammt wesentlich den Fundusdrüsen. Das Secret derselben enthält 99,55 pCt. Wasser, während das der Pylorusdrüsen eine zähe, dickliche Masse darstellt. Die eigentlich wasserabsondernden Elemente scheinen die delomorphen Belegzellen zu sein. Für die Erklärung der Wasserabsonderung ist die vermehrte Füllung der Capillaren der Magenschleimhaut während der Secretion beachtenswerth. Diese muss natürlich zu erhöhter Transsudation führen.

B. **Der Schleim** sollte nach früherer Anschauung von den Drüsenzellen der Pylorusdrüsen geliefert werden, sodass diese Drüsen Schleimdrüsen (Wassmann) genannt wurden. Heut zu Tage weiss man, dass die wesentlichste Quelle des Mucin in den Epithelzellen der Magenoberfläche und der Drüsenausgänge zu suchen ist (Todd Bowmann, Donders, Heidenhain u. A.). Ob auch die eigentlichen Drüsenzellen Schleim liefern können, ist zweifelhaft. Die von uns nach Abtragung der oberflächlichsten Schleimhautschichten hergestellten reinen Drüsenextracte waren nicht zähe, während diejenigen der ganzen Schleimhaut sehr schleimig waren. Die Schleimsecretion ist während des Hungerzustandes eine geringe und steigt während der Verdauung und zwar stärker bei Pferd und Schwein als bei Hund und Wiederkäuern. Der Secretionsvorgang gleicht dem der Schleimzellen der Speicheldrüsen. In den Epithelzellen wird eine quellbare, gleichmässige, glasige Masse gebildet, die sich zuerst am freien Zellende anhäuft und dann gegen den Zellfuss vorrückt und in den Maschenräumen des Protoplasma liegt. Am Zellfuss findet sich der basalwärts verschobene, plattgedrückte Kern; der Zellleib ist häufig bauchig aufgetrieben. Bei der Secretion wird die

helle Masse (Mucin) entleert, der Zellfuss bleibt nach meinen Beobachtungen vorhanden und bildet eine neue Zelle (Stöhr). Nach Watney, Heidenhain u. A. metamorphosirt oft die ganze Zelle und geht bei der Secretion zu Grunde, sodass von den Ersatzzellen die Regeneration ausgehen muss.

C. **Die Salzsäure.** Die Secretion derselben findet zweifellos nur von den Fundusdrüsen und zwar wahrscheinlich von den Belagzellen der-

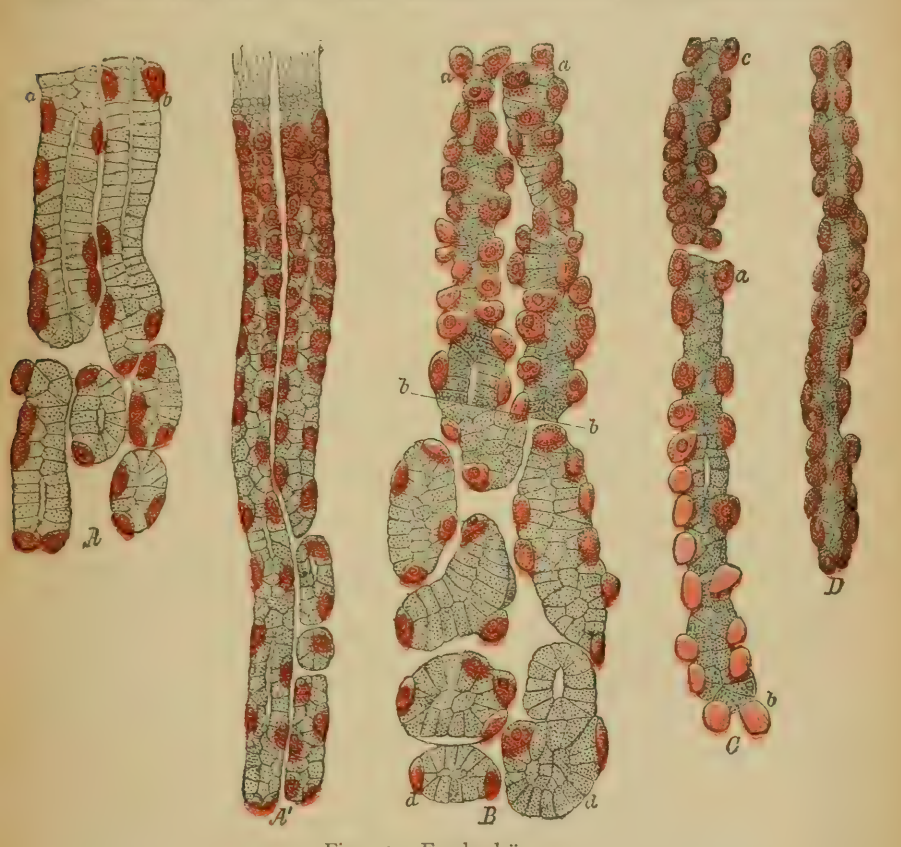


Fig. 43. Fundusdrüsen.
A und *A'* Ruhe, *B* beginnende, *C* und *D* stärkere Thätigkeit. Nach Heidenhain.

selben statt; dies wird bewiesen durch Klemensiewicz und Heidenhain, die das Secret der lebenden Pylorusschleimhaut stets alkalisch fanden, und ferner durch von Brücke, welcher in den Fundusdrüsen, abgesehen von den tiefsten Partien derselben, eine saure Reaction feststellte, und endlich durch meine eigenen an Pferden und Schweinen gemachten zahlreichen Beobachtungen, welche beweisen, dass bei der Verdauung die Salzsäurereaction zuerst an der Fundusdrüsenschleimhaut und in den ihr anliegenden Inhaltsmassen auftritt, während die anderen

Schleimhautpartien und der übrige Inhalt alkalisch oder neutral reagiren oder die Milchsäurereaction geben und dass die Salzsäure von der Fundusschleimhaut aus allmählich in die Inhaltsmassen eindringt (Ellenberger und Hofmeister). Im gemischten Mageninhalt ist freie Salzsäure erst $^1/_2$—$2^1/_2$ Stunden nach der Mahlzeit nachzuweisen. Wenn es sonach zweifellos feststeht, dass die Fundusdrüsen die Salzsäure liefern, so fehlt aber noch der überzeugende Beweis dafür, dass speciell die Belagzellen die Producenten derselben sind. Es ist bekannt, dass nur diejenigen Magendrüsen ein saures Secret liefern, welche neben den Haupt- auch Belagzellen enthalten, und dass beim Frosch diejenigen Drüsen, welche nur Belagzellen führen, ein saures und diejenigen, welche nur Hauptzellen haben, ein alkalisches Secret absondern.

Sonach ist es zweifellos, dass die Belagzellen in Beziehungen zur Salzsäurebildung stehen. Fraglich aber bleibt es, ob sie die HCl bilden, oder ob sie dieselbe nur dem Blute entziehen, oder ob sie solche Stoffe bilden oder dem Blute entnehmen, aus denen die HCl erst in den Drüsenräumen oder im Magen entsteht. Die Salzsäurebildung kann also sowohl im Blute (z. B. in den Schleimhautcapillaren des Magens), als in den Drüsenzellen (Sehrwald u. A.), als in den Drüsenräumen, als im Magenraum vor sich gehen.

Die Art der Salzsäurebildung ist unbekannt. Alle Autoren (Blondlot, Brücke, Ralef, Lussana, Maly, Heidenhain, Bunge u. A.) stimmen darin überein, dass die Chloride des Blutes das Material für die Salzsäurebildung abgeben. Im Uebrigen aber gehen die Meinungen auseinander.

Heidenhain glaubt, dass die Magendrüsen zunächst eine organische Säure (Milchsäure) bilden und dass diese dann das Chlor zur HClbildung vom Alkali abscheidet. — Brücke hat nachgewiesen, dass die frisch zerkleinerte Magenschleimhaut Milchsäure bildet, während Maly (und Müller) dargethan hat, dass die Chloride thatsächlich durch Milchsäure unter Bildung von Salzsäure zerlegt werden können. — Maly glaubt nicht, dass die Magendrüsen Milchsäure bilden und nimmt an, dass die Salzsäure in dem Blute durch Einwirkung von Dinatriumphosphat auf Calciumchlorid, welche Körper im Blute vorkommen (Pribram, Gerlach), entsteht. Der chemische Vorgang wird durch folgende Formel ausgedrückt:

$$3\,CaCl_2 + 2\,Na_2HPO_4 = Ca_3(PO_4)_2 + 4\,NaCl + 2\,HCl.$$

Die im Blute gebildete HCl wird in Folge ihres hohen Diffussionsvermögens leicht dem Blute entzogen. Das alkalisch reagirende Blut liefert ein saures Filtrat, den Magensaft.

Zweifellos sind die Magendrüsen für die Salzsäurebildung von sehr wesentlichem Einflusse. Nach meiner Meinung bereiten sie aus dem vom Blute gelieferten Materiale unter nervösen Einflüssen selbstständig die Salzsäure. Sie entziehen dem Blute die Chloride und zerlegen diese unter Bildung von Salzsäure und unter Rücktritt der entstehenden Basen (kohlensaures Natrium) etc. in das Blut. Die letzteren gelangen durch den Harn nach aussen (Jones, Maly). Die Zerlegung der Chloride geschieht unter Mitwirkung von Säuren: Kohlensäure,

Milchsäure, Schwefelsäure etc., die wahrscheinlich von den Drüsenzellen aus Stoffen, die sie dem Blute entnehmen, nämlich aus kohlensauren und milchsauren Salzen, aus Eiweisskörpern (dem Schwefel derselben), aus schwefelsaurem Kalium u. s. w. gebildet werden.

Die Thatsache, dass durch die sogenannte Massenwirkung der CO_2 des Blutes aus dem ClNa des Blutes Salzsäure ausgetrieben wird, hat H. Schulz festgestellt.

Im freien Magenraum findet keine erhebliche HClbildung durch die Wirkung der Milchsäure auf die Chloride des Mageninhaltes statt. Dies beweist die Thatsache, dass wir sehr oft viel Milchsäure und viel Chloride im ganzen Magen, aber sehr wenig oder gar keine Salzsäure in den Cardia- und Oesophagusregionen finden und dass die HCl stets zuerst in den der Fundusdrüsenschleimhaut anliegenden Massen auftritt und sich von hier aus weiter in den übrigen Inhalt verbreitet (Ellenberger und Hofmeister).

Entzieht man carnivoren Thieren das ClNa in der Nahrung, dann hört die HClbildung im Magen auf (v. Voit) und der Harn wird alkalisch (H. Quincke, C. Stein u. A.). Dagegen hat Zusatz von ClNa zur Nahrung keinen Einfluss auf die Acidität des Magensaftes (Lerèsche).

Die Bildung von Mineralsäuren im Thierkörper kommt auch noch an anderen Stellen als im Magen vor. So enthält z. B. der Speichel von Dolium galea viel Schwefel- und Salzsäure.

D. **Die Secretion der Fermente, die Fermentquellen.** a) Die Bildung des **Pepsin.** Früher wurden die Fundusdrüsen als die Pepsinbildner (Lab-, Pepsindrüsen) und die Pylorusdrüsen als Schleimproducenten (Schleimdrüsen) aufgefasst (Wasmann). Heidenhain und seine Schüler (Grützner, Ebstein, Friedinger, Klemensiewicz) haben darzuthun versucht, dass die Fermente von den sogenannten Hauptzellen der Fundus- und von den Drüsenzellen der Pylorusdrüsen gebildet werden. Nach ihnen gestaltet sich der Secretionsvorgang wie folgt: die genannten Zellen beider Drüsenarten wandeln vor der Verdauung die Albuminate ihres körnigen Protoplasma in eine pepsinogene Substanz (Propepsin, Schiff, Grützner, Ebstein, Langley, Edkins) um und werden dabei grösser, heller und achromatophil. Nach der Mahlzeit beginnt die Umwandlung der pepsinogenen Substanz in Pepsin und die Ausscheidung des letzteren. Dies geschieht zu Beginn der Verdauung langsamer, später, namentlich um die 4. und 5. Verdauungsstunde rascher.

Das Propepsin, welches nach Langley nicht die helle, klare Substanz der Zellen darstellt, sondern vielmehr in den Körnern derselben entsteht, ist durch Salzsäure- oder Kochsalzlösungen in Pepsin überzuführen (Ebstein, Grützner, Brücke); es ist aber in Glycerin nicht löslich, kann also durch Glycerin aus der Magenschleimhaut nicht extrahirt werden. Alkalien und alkalische Salze (z. B. Natriumcarbonat) zerstören das Pepsin, nicht aber das Propepsin. Letzteres kann Jahre lang in Glycerin aufbewahrt und dann jeder Zeit durch Säurezusatz wirksam gemacht werden.

Während der Pepsinbildung nehmen die Zellen Albuminate aus dem Blute auf behufs Ersatz und Vermehrung des körnigen Protoplasma und behufs neuer Pepsinbildung. Der Zellleib wird dabei klein und getrübt (Grützner), weil die Neubildung der pepsinogenen Sub-

stanz langsamer erfolgt als ihre Absonderung und sonach der Fermentgehalt der Zellen und damit der der Drüsen sinkt. Ein Ausstossen von Labzellen, wie dies Frerichs u. A. gesehen haben wollen, findet dabei nicht statt (Brinton, Heidenhain, F. E. Schulze, Ellenberger u. A.). Dagegen will es mir scheinen, als ob öfter Hauptzellen zu Grunde gingen und von den Belagzellen regenerirt würden.

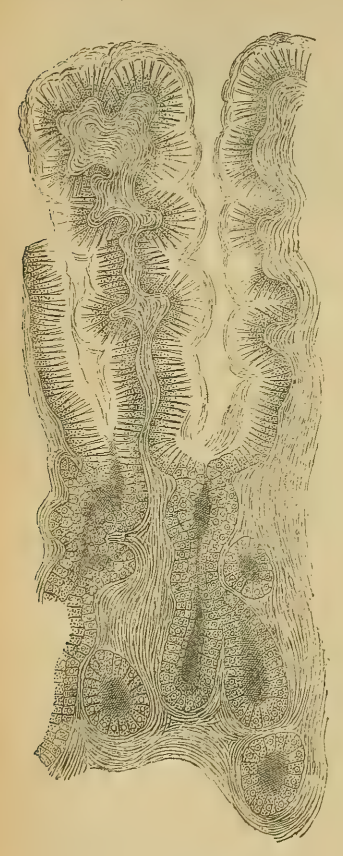


Fig. 44. Pylorusdrüse in Thätigkeit. Nach Heidenhain.

In der todten Magenschleimhaut findet man stets Trümmer von Hauptzellen und Lücken im Zellbelage, freie Kerne u. s. w. Diese Erscheinungen sind wohl Folgen der postmortalen Selbstverdauung.

Von vielen Autoren wird die Heidenhain'sche Anschauung bestritten und noch immer angenommen, dass die Fermente nur von den Belagzellen resp. nur von den Fundusdrüsen gebildet werden.

Controversen. 1. Die Bildung des Pepsin in den Pylorusdrüsen. (Fig. 44.) Dass die Pylorusdrüsen Pepsinbildner sind, ergiebt sich nach der Heidenhain'schen Schule aus folgenden Thatsachen: 1. Die Schleimhaut des Pylorus enthält stets Pepsin, resp. Propepsin, welches schwer und zwar nur durch HCl, ClNa etc., aber nicht durch Glycerin oder Wasser extrahirbar ist (Ebstein, Grützner). 2. Trennt man den Pylorustheil des Magens des Hundes vom Fundustheile ab und legt an den Pylorussack eine Fistel an, dann liefert letzterer eine pepsinhaltige, allerdings alkalische Flüssigkeit (Klemensiewicz und Heidenhain). 3. Die Drüsenzellen des Pylorustheiles lassen zwei verschiedene Zustände, je nach dem sie zu Beginn oder zu Ende der Magensaftsecretion (der Verdauung) untersucht werden, erkennen. Während der Verdauung geht der eine Zustand, in welchem die Zelle gross und hell erscheint (Ruhezustand), in den anderen Zustand, in welchem die Zellen klein und körnig sind, über (Ermüdungszustand). Während der Thätigkeit wechseln Form und Lage des Kernes, die Färbbarkeit und Grösse etc. der Zellen wie bei den Speicheldrüsen. Diese Thatsachen weisen darauf hin, dass diese Zellen während des Hungerns ihr Protoplasma in Pepsin oder in Propepsin (eine helle, klare Substanz, Grützner, Schiff), das bei der Secretion zu Pepsin wird, umwandeln 4. Bei Fröschen produciren die Oesophagealdrüsen, die den Pylorusdrüsen gleich gebaut sind, einen pepsinhaltigen Magensaft (Swiecicki).

Der vorgetragenen Heidenhain'schen Lehre stehen viele Autoren noch zögernd gegenüber und betrachten z. Th. das in der Pylorusschleimhaut vorhandene Pepsin als imbibirt (Wittich, Friedinger, Wolffhügel, Rollet, Brücke, Nussbaum, Herrndörfer u. A.). In Anbetracht dieser Controverse haben wir bei Pferden,

Rindern, Schweinen und Schafen Versuche angestellt und zwar 1. darüber, ob die Pylorusschleimhaut überhaupt Pepsin enthält und wie sich die daselbst vorhandenen Pepsinmengen quantitativ zu denen der Fundusschleimhaut verhalten, 2. darüber, ob das in der Pylorusschleimhaut vorhandene Pepsin dort producirt wird oder ob es nur auf dem Wege der Imbibition dahin gelangt ist.

Ad 1. a) Wir stellten lege artis künstlichen Magensaft aus den nach verschiedenen Methoden gewonnenen Extracten der verschiedenen Regionen der Magenschleimhaut dar. Diese Extracte prüften wir in verschiedener Art und Weise auf ihr Verdauungsvermögen und schlossen daraus auf den Fermentgehalt der Extracte und weiter auf den der betreffenden Schleimhautregionen.

b) Wir nahmen aus den verschiedenen Regionen gleich schwere Schleimhautstücke und extrahirten dieselben nach verschiedenen Methoden (mit Wasser, Glycerin, salzsaurem Wasser, salzsaurem Glycerin, Kochsalzlösung etc.) mehrmals (z. B. 6—10mal) hinter einander und stellten die Wirksamkeit der Extracte fest. Je früher die Erschöpfung in Bezug auf den Fermentgehalt der Schleimhautstücke, d. h. die Unwirksamkeit ihrer Extracte eintrat, um so geringer musste der ursprüngliche Fermentgehalt der Schleimhaut gewesen sein. Die Menge des aus einem nach verschiedenen Methoden extrahirten Schleimhautstücke gewonnenen Fermentes entscheidet unbedingt über den Fermentgehalt der Schleimhaut.

Als Resultat dieser Untersuchungen ergab sich, dass die Fundusdrüsenregion bei Pferd, Rind, Schaf und Schwein sehr reich an Ferment ist, dass die Schlundregion des Pferde- und Schweinemagens und die Cardiaregionen des Schweinemagens kein Ferment oder nur Spuren enthalten, dass dagegen die Pylorusregion Ferment enthält, aber in bedeutend geringerer Menge (nach Friedinger $^1/_{32}$—$^1/_{16}$) als die Fundusschleimhaut. Das Pepsin, welches sich im Pylorus und etwa in den Cardiaregionen findet, ist in der Regel nicht durch Glycerin, sondern durch ClNa und HCl und z. Th. durch Wasser extrahirbar. Das Extract der Fundusdrüsenschleimhaut von allen genannten Hausthieren enthielt nicht nur bedeutend mehr Pepsin und andere Fermente, sondern auch mehr Säure, mehr Pepton, mehr Syntonin, mehr Hemialbumose und mehr Mucin als die Extracte aller anderen Magenregionen. Nur das amylolytische Ferment fand sich in grösseren Mengen in der Cardiadrüsenregion (Ellenberger und Edelmann).

Ad 2. Um zu entscheiden, ob das Pepsin im Pylorus etwa nur imbibirtes Pepsin ist, haben wir viele Versuche angestellt. Es ist klar, dass das Pepsin sich mehr in den oberflächlichen Schichten der Schleimhaut beflndet, wenn es imbibirt, dass es dagegen in den tieferen Drüsen- resp. Schleimhautpartien sitzt, wenn es daselbst von den Hauptzellen producirt worden ist.

Ein Vergleich der Extracte der oberflächlichen und tieferen Drüsenpartien untereinander und resp. noch des Schleimbelags der Curv. minor war daher wünschenswerth.

Aus den Ergebnissen unserer bei Pferden und Rindern angestellten Versuche ist mit Sicherheit zu folgern, dass in den tieferen Schichten der Curv. minor resp. des Antrum pylori gar kein oder nur verschwindende Mengen Pepsin enthalten sind, während die oberflächlichen Partien und der dieselben bedeckende Schleim nicht unbedeutende Pepsinmengen enthalten. Reich an Pepsin ist die Schleimhaut der Curv. major in toto, die tieferen Theile scheinen aber reicher zu sein als die oberflächlichen. Beim Schweine ergaben die vorgedachten Versuche widersprechende Resultate.

Können auf Grund der vorgenannten Versuchsresultate die in der Pylorusschleimhaut vorhandenen Fermentmengen als imbibirt angesehen werden? Manche Thatsachen sprechen für, manche gegen diese Anschauung.

1. Für die Imbibitionstheorie spricht Folgendes: α) diejenigen Schleimhautpartien, welche der Imbibition mit Magensaft wenig ausgesetzt sind und fast nur mit den direct aus dem Schlunde kommenden Nahrungsmitteln in Berührung gelangen, enthalten sehr wenig oder gar kein Pepsin (Ellenberger und Hofmeister); β) die Schleimhaut des Anfangstheiles des Duodenum, wohin der pepsinhaltige Magensaft gelangt, enthält Pepsin (Ellenberger); γ) die drüsenlose, ösophageale Abtheilung der Magenschleimhaut enthält unter Umständen Pepsin (dies kann nur imbibirt sein) (Ellenberger); δ) im Pylorus wird keine Säure producirt (Heidenhain, Ellenberger) und sein Inhalt ist arm an Salzsäure (Ellenberger und Goldschmidt). Sonach würde die hier erfolgende Pepsinproduction zwecklos sein; ε) bei Pferd und Rind enthält die tiefere Partie der Drüsen weniger Pepsin als die oberflächliche (Ellenberger und Hofmeister); ζ) zu Beginn der Verdauung, wo im Fundus noch wenig Pepsin gebildet wird, enthält die Pylorusschleimhaut sehr wenig oder kein Pepsin (Heidenhain u. A.).

2. Gegen die Imbibitionstheorie spricht Folgendes: α) die Pylorusschleimhaut enthält mehr Pepsin und dasselbe ist fester gebunden, als dies bei einem imbibirten Fermente anzunehmen wäre (Heidenhain, Grützner u. A.); β) die lebende Pylorusschleimhaut enthält Pepsin. Die Imbibition mit Fermenten findet aber sonst nur bei todten Schleimhäuten statt (Ebstein und Grützner); γ) nach Ebstein und Grützner enthalten die tieferen Partien der Pylorusdrüsen mehr Pepsin als die oberflächlichen. Für das Schwein fanden wir das Gleiche (Ellenberger und Hofmeister); δ) die Pylorusdrüsen des Embryo enthalten schon Pepsin, trotzdem deren Mageninhalt pepsinfrei ist. Zu diesen 4 kommen die oben schon erwähnten 4 weiteren Gründe. — Bedenkt man weiterhin, dass die Pylorusdrüsen doch einen Nutzen haben müssen, dass dieselben aber als Schleimproducenten nach ihrem ganzen Aussehen und auf Grund der Thatsache, dass das Extract der Fundusdrüsenschleimhaut bedeutend reicher an Mucin ist als das der Pylorusschleimhaut (Ellenberger), nicht angesehen werden können, so wird man, da dieselben auch nicht den Eindruck von Resorptionsorganen machen, trotz aller entgegenstehenden Gründe zu der Annahme gedrängt, dass die Pylorusdrüsen thatsächlich Magensaftproducenten sind.

Nimmt man nun an, dass die Pylorusdrüsen Pepsin produciren, dann fragt es sich, woher kommt es, dass bestimmte Gewichtstheile der Pylorus-Schleimhaut bedeutend weniger Ferment enthalten als gleiche Gewichtstheile der Belagzellschleimhaut? Heidenhain erklärt dies daraus, dass im Pylorus die Drüsen weiter gelagert und kürzer sind als die Fundusdrüsen und dass der Drüsenausgang sehr lang ist, sodass danach nur ein kleiner Drüsenkörper für die Production der Fermente übrig bleibt. Diese Erklärung ist nicht für alle Thiere zutreffend. Beim Schwein z. B. liegen die Pylorusdrüsen ziemlich dicht und sind sogar sehr lang, indem die Schleimhaut ziemlich dick und der Drüsenkörper gewunden ist. Ausserdem wird auch die secernirende Fläche noch durch reichliche Theilung des Drüsenschlauchs vergrössert (Ellenberger).

Die Frage nach der Function der Pylorusdrüsen ist sonach trotz der Heidenhain'schen Resectionsversuche noch nicht abgeschlossen. Der Resectionsversuch ist deshalb nicht absolut beweisend für die Lehre von der Pepsinbildung durch die Pylorusdrüsen, weil die Grenze zwischen den Pylorus- und Fundusdrüsen wenig scharf ist; auch habe ich Nester von Fundusdrüsen mitten in der Pylorusdrüsenregion gefunden. Es ist sonach die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass in dem isolirten Pylorusabschnitte noch Fundusdrüsen zugegen waren, die Pepsin und daneben auch Säure, aber hiervon in Verhältniss zu der übrigen

alkalischen Secretion in diesem Magenabschnitte so wenig producirten, dass diese neutralisirt wurde (Ellenberger).

Ob unter gewissen Verhältnissen, namentlich wenn die Schleimhaut der Labdrüsengegend ausser Function gesetzt wird, die Pylorusdrüsenzellen sich zu Pepsinbildnern durch Adaptation umzuwandeln vermögen, wissen wir nicht. So viel aber kann ich behaupten, dass die Hauptzellen der Fundusdrüsen den Pylorusdrüsenzellen nicht gleich zu erachten und dass die Cardiadrüsenzellen wieder von beiden verschieden sind (Ellenberger).

2. In den **Cardiadrüsen** wird nach unseren Untersuchungen kein Pepsin gebildet. Sie liefern ein alkalisches, schleimiges, ein amylolytisches Ferment enthaltendes Secret (Ellenberger, Hofmeister, Edelmann).

3. **Bildung des Pepsin in den Fundusdrüsen.** (Fig. 43.) Dass in der Fundusregion ausser der Säure auch Pepsin und zwar entschieden mehr als in der Pylorusregion gebildet wird, ist eine feststehende Thatsache. Hierfür spricht z. B. auch, dass das Extract der Fundusschleimhaut bedeutend reicher an Pepton ist als das der Pylorusschleimhaut (Ellenberger), eine Thatsache, die beweist, dass in ersterer eine lebhaftere postmortale Selbstverdauung stattfindet als in letzterer. Die Belagzellregion des Magens enthält alle Fermente in der bei Weitem grössten Menge; sie ist unverhältnissmässig reicher daran als die anderen Schleimhautpartien. In der Pylorusschleimhaut finden sich bedeutend geringere Mengen; noch weniger enthält die Schleimhaut der Cardiaregionen und am wenigsten die der Oesophagealabschnitte des Magens.

Die Hauptproductionsstelle der Fermente und des wirksamen Magensaftes ist zweifellos die Fundusdrüsenregion. Nun aber ist die Frage zu lösen, ob die Haupt- oder die Belagzellen die Producenten des Pepsin und der anderen Fermente sind. Nach meiner Meinung muss aus den vorstehenden Thatsachen geschlossen werden, dass die Belagzellen in irgend einer Beziehung zur Pepsinbildung stehen, sei es, dass sie dieselbe selbst ausführen oder dass sie dieselbe nur anregen, erleichtern und beschleunigen. Der Säuregehalt und die Säuresecretion der Belagzellen muss bei der Secretion um so mehr eine Rolle spielen, als viele Versuchsergebnisse darauf hinweisen, dass in den Drüsenzellen zunächst das unwirksame Propepsin gebildet wird und dass dieses erst bei der Secretion durch die Einwirkung der Säure (oder einer Kochsalzlösung) in das wirksame Pepsin übergeht. Noch post mortem dauert dieser Vorgang der Umwandlung des Propepsin in Pepsin eine Zeit lang an. —

Heidenhain, Ebstein, Grützner u. A. sind der Meinung, dass nicht die Beleg-, sondern die Hauptzellen (Adelomorphzellen) die Pepsinbildner sind. Sie begründen diese Anschauung mit folgenden Darlegungen: Bei der Selbstverdauung des Magens werden die Hauptzellen rasch zerstört, während die Belegzellen bestehen bleiben; die tieferen Theile der Fundusdrüsen, woselbst die Hauptzellen vorwiegen, sind reicher an Pepsin als die oberflächlichen; der steigende und sinkende Gehalt der Schleimhaut an Pepsin geht parallel mit constanten Veränderungen der Hauptzellen; der Pepsingehalt ist um so grösser, je grösser die Hauptzellen sind; bei grossen und hellen Hauptzellen findet man viel, bei kleinen und körnigen wenig Pepsin; der Pepsingehalt ist unabhängig von den Veränderungen der Belagzellen; beim Embryo tritt die Bildung des Pepsin mit der Entstehung der Hauptzellen auf (Sewall); die nur Belagzellen enthaltenden Fundusdrüsen des Frosches liefern kein Pepsin (Swiecicki).

Nussbaum, welcher den Pepsingehalt der Zellen an ihrer Färbung durch Osmiumsäure (Reduction dieser Säure) erkennen will, Edinger und viele Andere nehmen trotz dieser Gründe noch immer an, dass die Belagzellen die Pepsinbildner seien.

Ich neige mich der Heidenhain'schen Lehre zu, glaube aber, dass die Belagzellen die Pepsinbildung in den Hauptzellen wesentlich unterstützen (s. oben), woraus sich der grössere Fermentgehalt der Belagzellregion gegenüber den anderen Schleimhautregionen erklärt. Nach meiner Meinung muss schon die Thatsache, dass die grossen, stark gekörnten Belagzellen den Hauptzellen gegenüber an Masse überwiegen, in Verbindung mit der Thatsache des grösseren Fermentgehaltes der Belagzellregion für die Mitbetheiligung der Belagzellen an der Fermentbildung sprechen.

Früher war ich der Meinung, gestützt auf meine Untersuchungen am Magen des Pferdes und am Labmagen der Wiederkäuer, dass in den Fundusdrüsen überhaupt nur eine Zellart vorkomme, die aber verschiedene Entwickelungsstufen (in Form von Hauptzellen und Belagzellen) erkennen lasse und dass sonach von einer Scheidung der Functionen zweier Zellarten keine Rede sein könne. Meine späteren am Schweinemagen vorgenommenen Untersuchungen haben mich in dieser Anschauung wieder wankend gemacht (s. meine Abhandlung).

c) Die Quellen für das **Labferment** müssen nach unseren Beobachtungen in den Fundusdrüsen gesucht werden. Es findet sich stets im Magen und ist ein constantes Product der Magendrüsen und zwar nach Grützner der Hauptzellen derselben.

d) Das **Milchsäureferment** scheint theilweise ebenfalls dort gebildet zu werden; ein Theil aber stammt zweifellos von aussen, d. h. von den Nahrungsmitteln und der abgeschluckten Luft

e) Die Herkunft des **Fettfermentes** ist unbekannt. — Im Grossen und Ganzen gilt für das Lab- und Milchsäureferment das für das Pepsin Gesagte. —

f) Das **diastatische Ferment** der Schleimhautextracte des Magens muss z. Th. als imbibirtes Ptyalin betrachtet werden. Theilweise aber entstammt es den Cardiadrüsen. In der Schleimhaut der Fundus- und Pylorusdrüsenregion findet man sehr wenig amylolytisches Ferment. Sie enthält davon nicht mehr als viele andere thierische Gewebe.

E) Die **Milchsäure** des Mageninhaltes stammt wesentlich aus den Nahrungsmitteln und ist ein Product der Gährung. Woher die im reinen Magensecret enthaltenen geringen Mengen Milchsäure kommen, ist noch unbekannt.

Ueber die Aenderung des Pepsingehalts der Schleimhaut des Magens der Hausthiere in den verschiedenen Verdauungsperioden haben wir genaue Versuche angestellt.

Dieselben führten rücksichtlich der Fundusdrüsenschleimhaut zu den Resultaten, dass die Schleimhaut der Belagzellregion im ruhenden, leeren Magen reich an Pepsin ist, dass in den ersten Stunden der Digestion eine nicht unbedeutende Verminderung des Pepsingehalts eintritt, während im weiteren Verlauf der Verdauung sich wieder eine wesentliche Steigerung bemerklich macht. Offenbar geben die Drüsen im Beginn der Verdauung mehr Pepsin ab als sie bilden, dadurch erklärt sich die anfängliche Verminderung des Pepsingehalts.

Rücksichtlich der Pylorusdrüsenschleimhaut fanden wir, dass diese auf der Höhe und unmittelbar nach der Verdauung Pepsin in

geringen Mengen, dagegen in den ersten Verdauungsstunden fast kein Ferment enthält.

Die entzündete Magenschleimhaut und diejenige fiebernder und anämischer Thiere enthält je nach dem Grade dieser Krankheiten wenig oder kein Ferment (Ellenberger und Hofmeister).

Der Pepsingehalt der Schleimhaut geht nicht ganz parallel mit dem Pepsingehalt des Secretes. Dies erklärt sich daraus, dass in der Schleimhaut gebundenes Propepsin und freies Pepsin vorhanden ist. Die Vermehrung des freien Pepsins auf Kosten das Propepsins bedingt eine Abnahme des Pepsingehaltes der Schleimhaut und eine Zunahme des Pepsingehaltes des Secretes. Das Secret ist in der 4.—5. Verdauungsstunde am reichsten an Ferment, während die Schleimhaut zwar mehr Ferment als vorher, aber weniger als im Hungerzustande enthält. — Der Fermentgehalt des Secretes sinkt in der 1. und 2. Verdauungsstunde und steigt dann bis zur 5. oder 6. an, um dann wieder etwas zu sinken oder derselbe zu bleiben.

Der Säuregehalt des Fundussecretes ist immer derselbe; der Säuregehalt der Magenflüssigkeit ist zu Beginn der Verdauung am geringsten nnd steigt fortwährend.

Die **Menge** des secernirten Magensaftes ist schwer zu ermitteln. Je nach Quantität und Qualität der Nahrung etc. kommen bedeutende Schwankungen vor. Bidder und Schmidt schätzen die 24stündige Menge beim Schaf auf 120, beim Hund auf 100 *g* pro Kilogramm Körpergewicht. Bei einem Hunde variirte die Secretion in einer Stunde von 24—204 *g*. — Nach Bidder und Schmidt betrug die Menge des in 24 Stunden secernirten Magensaftes beim Hunde $^1/_{10}$, nach Harvey $^1/_{15}$, nach Grünwald 26,4 pCt. des Körpergewichtes.

Zeit und Phänomene der Secretion. Es ist noch nicht sicher festgestellt, ob die Magensaftsecretion dauernd oder ob sie periodisch stattfindet. Aus den an Hunden angestellten Experimenten hat man geschlossen, dass die Secretion zeitweise sistirt und stets erst durch die Aufnahme von Nahrung neu angeregt wird, dass also bei leerem Magen die secretorische Thätigkeit ruht und dass erst die durch die eingeführte Nahrung bedingte Reizung die Secretion wieder hervorruft.

Die im nüchternen Zustand blasse, schlaffe, mit einem schleimigen, alkalischen Belage und collabirten Falten versehene Schleimhaut wird während der Verdauung roth, fest, derb, ihre Falten richten sich auf, die Blutgefässe erweitern sich, der Blutstrom wird beschleunigt, die Venen führen hellrothes Blut und es ergiesst sich das Secret aus den Drüsenmündungen. Aehnliche Verhältnisse fand ich auch bei den Herbivoren. Trotzdem glaube ich nicht, dass die blasse, schlaffe Schleimhaut gar nicht secernirt, sondern ich bin der Meinung, dass die Magensaftsecretion ununterbrochen stattfindet, dass dieselbe aber in den ersten (5) Stunden nach der Mahlzeit bedeutend gesteigert ist. Aus unseren zahlreichen, an Wiederkäuern, Pferden und Schweinen angestellten Untersuchungen geht hervor, dass der Magen bei diesen Thieren normaliter niemals leer wird und dass die Magenverdauung ununterbrochen stattfindet. Es treten Steigerungen und Minderungen der Secretion und damit die geschilderten Veränderungen der Schleimhaut, aber keine Secretionspausen ein. Wahrscheinlich liegen auch beim Hunde die Verhältnisse ebenso, wenn er gemischte und nicht reine Fleischnahrung geniesst.

Nach Heidenhain, Braun, Grützner u. A. sistirt die Magensecretion nach Beendigung der Verdauung, beginnt aber bei längerem Hungern wieder. Letzteres würde auch die Thatsache erklären, dass auch im Magen hungernder Thiere Magensaft angetroffen worden ist (Tiedemann und Gmelin, Spallanzani, Schreiter, Braun, Grützner, Heidenhain, Ellenberger und Hofmeister u. A.).

Der Nerveneinfluss bei der Magensaftsecretion und die Secretionsreize. Die Magensaftsecretion findet meist reflectorisch und zwar durch Reizung der Magenschleimhaut statt. Die Reizung kann sowohl durch mechanische und thermische, als chemische Reize geschehen. Dies beweisen einerseits Reizversuche mit unlöslichen und unverdaulichen Stoffen (Glasstäbchen u. s. w.) und andererseits solche mit chemisch wirkenden Substanzen, z. B. mit Alkohol, Aether, Kochsalz-, Alkalilösungen, Pilocarpininjectionen u. s. w. Nach Heidenhain wirkt die mechanische Reizung nur local, sodass bei Verabreichung von unverdaulichen Stoffen (z. B. ligam. nuchae, Kieselsteine, Sand) nur die berührten Flächen secerniren. Bei Verabreichung von verdaulichen Stoffen dagegen secernirt, selbst wenn diese nur eine beschränkte Schleimhautfläche berühren, die ganze Magenschleimhaut. Eine allgemeine Secretion tritt also nur ein, wenn Resorption stattfindet. Girard behauptet, dass nur die Reizung mit Speisen die Secretion eines wirksamen Magensaftes hervorruft, während mechanische Reizungen die Secretion eines unwirksamen Saftes bedingen. Auch die intrarectal beigebrachten Nahrungsmittel beeinflussen die Magensaftbildung.

Diese Thatsachen erinnern an Schiff's Ladungstheorie und thun dar, dass die Natur der Nahrungsmittel, namentlich ihre Verdaulichkeit und Resorbirbarkeit von Einfluss auf die Secretion ist. Schiff und Herzen nehmen an, dass erst nach stattgehabter Resorption peptogener Stoffe (Dextrosen, Fleischbrühe etc.) die Secretion eintritt (Ladungstheorie). — Ausser Reizungen der Magenschleimhaut wirken auch Reizungen des Vorder- und des Dünndarms und anderer sensibler Nerven, das Kauen stark schmeckender Substanzen (Richet) u. dgl. anregend auf die Magensaftsecretion ein. Mit der Speichelsecretion steht die Magenabsonderung in consensuell-sympathischen Beziehungen. — Auch psychische Einflüsse, z. B. der Anblick von Speisen (Bidder und Schmidt) können die Magensaftsecretion beeinflussen.

Welche **Nerven** die Secretion beeinflussen, ist unbekannt.

A. v. Haller, Wilson, Philipp, Frerichs, Breschet, Milne-Edwards, J. Müller, Dieckhoff, Pawlow und Schumova-Simarowskaja u. A. sahen nach Vagusdurchschneidungen Störungen der Magensaftsecretion eintreten, während Bidder und Schmidt, Panum, Magendie, Breschet, Krikler, Schiff, Pincus, Adrian u. A. dies nicht fanden. Auch der N. sympathicus und der Plexus cöliacus scheinen keinen Einfluss auf die Magensaftsecretion zu haben (Pincus, Adrian, Schiff). Bei meinen Untersuchungen beeinflusste weder die Vagusreizung noch die Vagusdurchschneidung die Magenverdauung.

Neben der Magensaftsecretion hat der Magen noch die Function, die Nahrungsmittel zu empfangen, aufzubewahren, zu bewegen und in den Darm zu schaffen (s. die Verdauungslehre). Seine motorischen Functionen stehen unter der Herrschaft des N. vagus. Seine Ernährung erfolgt wesentlich durch Aeste der Arteria cöliaca. Dieselben treten von den Curvaturen aus an den Magen heran und zeigen zahlreiche Anastamosen. Die Venen des Magens helfen die Vena portae zusammensetzen.

Der Blutgehalt des Magens nimmt während der Verdauung zu und nach derselben ab. Diese periodisch regulatorische Blutversorgung steht unter der Herrschaft der Vasomotoren. Ausserdem soll sie in Beziehungen zur Milz stehen, welche das Regulationsorgan für den Blutgehalt des Magens sein soll. Bei Contraction der Milz füllt sich der Magen mit Blut und umgekehrt.

Die Frage, ob der nüchterne Magen Magensaft enthält, wird von mancher Seite mit »Ja« (Schreiber und Rosin u. A.), von anderer mit »Nein« (Pick, Aug. Hoffmann u. A.) beantwortet.

---

3. Der Pancreassaft.

Eigenschaften. Um das Studium des Pancreassaftes haben sich besonders verdient gemacht: Bidder und Schmidt, Tiedemann und Gmelin, Cl. Bernard, Weinmann, Corvisart, W. Kühne, Bernstein, Heidenhain u. A.

Der Pancreassaft stellt eine klare, wasserhelle, geruchlose und farblose, alkalisch reagirende, salzig schmeckende, oft fadenziehende Flüssigkeit dar, die beim Schütteln schäumt und beim Stehen an der Luft unter Trübung sehr leicht und schnell in Fäulniss übergeht. Die ersten Secrettropfen sind schleimig, dickflüssig, reich an Fermenten und Zelltrümmern. Beim Kochen, bei Zusatz von Säuren, Metalloxyden und dergl. scheidet der Saft Eiweissflocken ab.

Der frische Bauchspeichel ist schleimig, coagulabel, der aus Permanentfisteln gewonnene dagegen sehr dünnflüssig und wässerig. — Eine normale Drüse kann je nach ihrem Reizzustande ein vollkommen gerinnbares, schleimiges oder ein schwach gerinnendes, wässeriges Secret liefern. — Zwischen den Pancreassäften der verschiedenen Haussäugethiere existiren keine constanten Unterschiede (Ellenberger und Hofmeister entgegen Tiedemann und Gmelin). Unsere Untersuchungen ergaben, dass die Extracte aus frischen Drüsen vom Pferd, Rind, Schaf, Schwein und Hund dünnflüssig, trübe, etwas röthlich; die aus getrockneten Drüsen klar, etwas gelblich waren und schwach sauer reagirten. Das Glycerinextract war neutral, wurde aber bald sauer. Mucin fand sich, mit Ausnahme des aus den Drüsen des Schweines gewonnenen Auszugs, in allen Extracten, aber nur in Spuren. Daneben fanden wir viel Eiweiss und Spuren von Hemialbumose und Pepton.

Der frische Bauchspeichel enthält 10—11 pCt., der aus permanenten Fisteln gewonnene dagegen nur 1,5—2,5 pCt. feste Bestandtheile; danach schwankt das specifische Gewicht von 1,01—1,09. Man findet im Pancreassaft eine reichliche Menge von Eiweisskörpern (Albumin, Kalialbuminate, Spaltungsproducte von Eiweisskörpern, Fettseifen, Leucin (Radziejewsky), Tyrosin (?), Xanthin, Guanin und die Blutsalze, namentlich Natronsalze und Chlormetalle. Sieht man davon ab, dass der Bauchspeichel noch 3 isolirbare wirksame Enzyme (Danilewsky, Paschutin, Kühne), ein proteolytisches, ein amylolytisches und ein Fettferment und etwas Mucin enthält, dann kann er als dem Blutserum sehr ähnlich zusammengesetzt bezeichnet werden. Wir geben im Nach-

stehenden die Resultate einiger der bekannten Analysen des Pancreassaftes.

	Esel (Frerichs und Hoppe-Seyler)		Pferd (Leuret und Lassaigne)	Schaf (Tiedemann und Gmelin)	Hund (C. Schmidt)	
					Permanentfistel	tempor. Fistel
Wasser	986,40	982,53	991,0	949,12	980,45	900,76
Feste Stoffe	13,60	17,47	9,0	51,98	19,55	99,24
Albumin incl. Fermente	—	8,879	—	—	12,71	90,44
Salze	—	8,591	—	—	6,84	8,80

Tiedemann und Gmelin fanden beim Hunde 78,98 organische und 7,22 anorganische Stoffe.

Die aus diesen Analysen ersichtlichen Verschiedenheiten in der Zusammensetzung des Pancreassaftes erklären sich aus dem Reizzustande der Drüse (Cl. Bernard), aus der Absonderungsgeschwindigkeit (Weinmann, Kröger, Bernstein), aus dem Absonderungsstadium u. s. w. Der Gehalt an festen Bestandtheilen verhält sich im Allgemeinen umgekehrt wie die Absonderungsgeschwindigkeit.

Die Secretion. Der Pancreassaft wird vom Pancreas, einer tubuloacinösen Drüse, secernirt (M. Hoffmann, Wirsung). Die Secretion geht stets mit Aenderung des Blutlaufs in der Drüse einher. Während die unthätige Drüse blutarm und dadurch weisslich oder gelblich und schlaff ist, erscheint die thätige Drüse turgescirt und roth; ihre Blutgefässe und Capillaren sind bedeutend erweitert, der Blutlauf erfolgt lebhafter, ihre Venen führen hellrothes Blut, während die der ruhenden Drüsen dunkelrothes Blut fortleiten und dergl. a) Die **Wasserabsonderung** ist eine unter Eigenthätigkeit der Drüsenzellen stattfindende Transsudation von Serum aus dem Blute. b) Die **Secretion der specifischen Bestandtheile.** Bis jetzt sind nur die genetischen Beziehungen des proteolytischen Fermentes (Trypsin, Pancreatin) genauer studirt worden (Heidenhain). Die über diese Frage festgestellten wesentlichsten Thatsachen sind folgende: 1. Das Blut und die sonstigen thierischen Gewebe und Flüssigkeiten enthalten kein Trypsin (Ellenberger). 2. Das frische Pancreas enthält gar kein wirksames Trypsin oder nur Spuren davon. 3. Hat das Pancreas eine Zeit lang an der Luft gelegen, dann ist es reich an Trypsin. Die mit 1 pCt. Sodalösung angewendeten Glycerinextracte der frischen und der 24 Stunden alten Drüse unterscheiden sich dadurch von einander, dass das letztere Eiweiss löst, das erstere aber nicht. 4. Der aus dem Wirsung'schen Gange aufgefangene Pancreassaft enthält wirksames Trypsin.

Aus den genannten Thatsachen muss man schliessen: Das Trypsin

wird zwar im Pancreas gebildet; es tritt daselbst aber nicht sofort als wirksames Trypsin, sondern in einer unwirksamen Vorstufe, dem Zymogen, Protrypsin (Heidenhain) auf, welches bei oder direct nach der Secretion in das Trypsin übergeht.



Fig. 45. Pancreas vom Hunde. Ruhe. Heidenhain.

Hierüber ist noch Folgendes bekannt: In den Glycerinextracten der frischen Pancreasdrüsen findet man nur Zymogen in grossen Mengen. Setzt man diesem Extract destillirtes Wasser zu, dann bildet sich Trypsin; das vorher unwirksame Extract



Fig. 46. Pancreas vom Hunde. Thätigkeit. Heidenhain.

löst jetzt Eiweiss auf. Bei Zusatz von einer 1—2 procent. Sodalösung und gekochtem Wasser bildet sich kein Trypsin, wohl aber bei Durchleitung von Sauerstoff durch das mit 1 procentiger Sodalösung versetzte Extract, bei Zusatz einer 1 procentigen Essigsäure, bei Behandlung mit Alkohol in der Wärme, bei Verdünnung mit Wasser und

Sodalösungen, bei Schütteln der Zymogen-Sodalösung mit Platinmoor u. s. w. Entziehen von Sauerstoff nimmt dem Trypsin seine Wirksamkeit. — Hieraus ergiebt sich 1. dass die im Pancreas in reicher Menge vorhandene, in Wasser und wässerigen Lösungen lösliche und dabei leicht in Trypsin übergehende Vorstufe des Trypsin auch in Glycerin löslich ist und in demselben unverändert bleibt, und 2. dass dasselbe bei gewissen Behandlungsmethoden in Trypsin übergeht. Nach Heidenhain enthält das Pancreas am wenigsten Zymogen in der 6. bis 10. Verdauungsstunde, indem der Zymogengehalt von der Mahlzeit ab bis dahin sinkt. Nachher steigt derselbe bis zur 16. Stunde (Maximum) an und bleibt dann längere Zeit auf gleicher Höhe stehen. Das Zymogen wird also während der Verdauung (von der 1. bis 6. oder 10. Stunde) verbraucht. Unter gewissen pathologischen Verhältnissen tritt schon im Pancreas Trypsin auf. — Die angeführten Thatsachen sind von uns in Bezug auf das Pferd in jeder Richtung bestätigt worden.

Bei der Secretion des Pancreassaftes und der Bildung der Fermente sind die Drüsen und ihre Zellen etc. activ thätig. Dies ergiebt sich aus den Veränderungen der Drüsen und ihrer Zellen während der Thätigkeit und während der Ruhe. Diese Verhältnisse sind von Heidenhain, Kühne, Lea, Podwissotzky, Gaule, Ogata und von mir studirt worden. Die Resultate dieser Untersuchungen sind im Wesentlichen folgende:

Ruhe- und Thätigkeitszustand der Zellen. Im Hungerzustande und in den Stadien, während welcher die Drüse stark zymogenhaltig ist (wie controlirende Extractionen lehren), enthält die Innenzone der grossen, einen kantigen Kern enthaltenden Drüsenzellen viele helle, glänzende, deutlich sichtbare, mit Eosin färbbare Körnchen. Nach der Thätigkeit sind die Drüsenzellen klein und arm an Körnchen oder ganz frei von ihnen und enthalten einen runden Kern. Der Gehalt der Drüse an Ferment steht in directem Verhältniss zur Menge der Körnchen, resp. zur Grösse der Innenzone. Diese Thatsachen lehren, dass die Körnchen das Zymogen darstellen; daher werden sie Zymogenkörnchen genannt. Die Zellen und speciell ihre Innentheile sind während der Ruhe die Erzeuger und Reservoire der Zymogenkörnchen. Während der Secretion geben sie dieselben unter Kleinerwerden der Innenzone allmählich an das Secretwasser ab. Neben dem Verbrauch des inneren Zellabschnittes findet Wachsthum und Ansatz der Aussenzone in der Weise statt, dass hier neues Protoplasma gebildet wird. Das Schwinden der Innenzone überwiegt aber gegenüber dem Wachsen der Aussenzone derart, dass die Zellen klein werden. Während der Ruhe wachsen sie wieder zur vorherigen Grösse an und bilden die Zymogenkörnchen, die nach innen wandern und im inneren Zellabschnitte bis zur Secretion liegen bleiben.

Ruhe und Thätigkeit der Drüse. Die Pancreasdrüse ist bei der Secretion nicht gleichzeitig mit allen ihren Läppchen thätig; man findet vielmehr in jedem Stadium ruhende, blutarme, thätige blutreiche und erschöpfte Läppchen nebeneinander.

In den stark thätigen und erschöpften Läppchen sind weder Tubuli noch Acini deutlich zu erkennen; man sieht nur ein wirres Durcheinander von Drüsen-

zellen (Ogata, Gaule, Ellenberger). Durch das Kleinerwerden der Drüsenzellen ist, da eine Membrana propria fehlt, die Formung der Tubuli und Acini verloren gegangen. In den ausgeruhten Läppchen treten von Neuem deutliche Zellformationen, Tubuli und Acini, auf, weil die jetzt grösser gewordenen Zellen zur Bildung der betreffenden Formen wieder eng aneinander schliessen.

Umwandlung des Zymogen in Trypsin. Wie und wodurch das Zymogen im lebenden Thiere in Trypsin umgewandelt wird, ist noch unbekannt. Wir wissen nur, dass die Drüse das Zymogen, ihr Secret aber das Trypsin enthält. Demnach nimmt man an, dass die Bildung des Trypsin aus dem Zymogen im Momente der Secretion stattfindet.

Ein Theil der Autoren ist der Ansicht, dass das salzhaltige Secretwasser durch Berührung mit dem Zymogen letzteres in Trypsin überführt (wie O-haltiges Wasser O-haltige Sodalösungen etc.). Hiergegen spricht aber die Thatsache, dass der Fermentgehalt des Secretes nicht absolut abhängig von der Wasserabsonderung ist.

Andere Autoren nehmen an, dass die in den Drüsenzellen in Folge der Thätigkeit entstehenden Säuren oder die ablaufenden Oxydationsvorgänge das umwandelnde Princip darstellen. — Ich halte es übrigens noch für zweifelhaft, ob das Trypsin direct in dem Secret enthalten ist oder ob dasselbe erst im Ausführungsgange oder im Darmkanale entsteht. Mir scheinen Nachuntersuchungen unter antiseptischen Cautelen, wie ich diese in Bezug auf den Parotidenspeichel ausführen liess (Goldschmidt), nothwendig. —

Die beiden anderen im Pancreas enthaltenen Fermente werden ebenfalls in den Drüsenzellen producirt. Der Gehalt der Drüse an ihnen steigt und fällt mit dem Zymogengehalt (Grützner). Das diastatische Ferment scheint auch in einer unwirksamen Vorstufe im Pancreas vorzukommen; denn Pancreas, welches durch Glycerin erschöpft ist, liefert wieder neues diastatisches Ferment, wenn es an der Luft liegt (Liversidge).

Alle 3 Fermente erreichen um die 6. Verdauungsstunde ihr Minimum und steigen dann bis zur 14. bis 16. Stunde an. Das Mucin des Pancreassaftes stammt nach meiner, auf Grund von eigenen Untersuchungen gewonnenen Ansicht nicht von den Drüsenzellen, sondern von den Zellen der ausführenden Kanäle und Gänge.

Ablauf der Secretion. Die Secretion erfolgt bei den Hunden intermittirend; sie beginnt kurz nach der Mahlzeit und dauert bis zum Schluss der Verdauung. Sie steigt von der Mahlzeit an bis zur 4. Stunde, sinkt dann bis zur 7. und steigt dann wieder an. Am lebhaftesten secernirt die Drüse in der 3. und 4. und 9. bis 11. Stunde. — Bei den Pflanzenfressern findet die Secretion continuirlich statt; sie ist bei den Wiederkäuern jedesmal am Ende einer Ruminationsperiode am lebhaftesten. Die Steigerung der Secretion zur Verdauungszeit erklärt sich nach Schiff und Herzen daraus, dass zu dieser Zeit das Pancreas geladen ist, indem die im Magen resorbirten Peptone, welche das Material für die Fermentbildung des Pancreas darstellen, in grösserer Menge zum Pancreas gelangen.

Die **Secretmengen** stehen in keinen Beziehungen zur Grösse des Pancreas und des Thieres. Frerichs sammelte beim Esel in $^3/_4$ Stunden 25, Lassaigne und

Leuret beim Pferde in 1/2 Stunde 96, Colin beim Pferde in der ersten Stunde 274, in der 2. 255, in der 3. und 4. zusammen 156, in der 5. 20 *g*, in der 6. nichts. Beim Rinde sammelte man (nach der Rumination) 260—360 *g* (Colin, Cl. Bernard), beim Schweine 10—15, beim Schaf 7—8, beim Hunde 1—35 *g* in der Stunde (Frerichs, Colin). In 24 Stunden sammelte man beim Hunde 48 *g*.

Der Absonderungsdruck in den Ausführungsgängen beträgt 219—225 *mm* Wasser (Wohlheim).

Einfluss des Nervensystems auf die Pancreassecretion. Ueber die Innervation des Pancreas ist wenig Sicheres bekannt; man denkt sich dieselbe wie folgt: Im Pancreas sitzen intraglanduläre Ganglien als automatische Centra. Diese empfangen ihre Direction gewöhnlich von Erregungs- und Hemmungsnerven (Bernstein, Affanassiew, Pawlow, Weinmann, Cl. Bernard), die von aussen herantreten und mit dem Hauptcentrum, welches in der Medulla oblongata liegt, in Verbindung stehen. Die Erregungsnerven zerfallen in secretorische und trophische Nerven. — Ausserdem giebt es noch Nerven, welche reflectorisch die Pancreasfunctionen beeinflussen.

Für das Vorhandensein automatischer Centra spricht die Thatsache, dass nach Trennung der Medulla oblongata vom Halsmarke und nach Durchschneidung der zum Pancreas hinziehenden Nerven die Pancreasfunction andauert und unter Umständen sich sogar steigert.

Für das Vorhandensein trophischer Nerven spricht die Beobachtung, dass zuweilen eine langsame Secretion mit fermentarmem oder eine rasche mit fermentreichem Secrete vorkommt (Bernstein, Heidenhain). Fehlten diese Nerven, dann würden immer bei lebhafter Wassersecretion viel und bei langsamer wenig organische Stoffe aus den Zellen fortgeschwemmt.

Dass die Medulla oblongata das Centralorgan für das Pancreas ist, ergiebt sich daraus, dass bei Reizungen derselben die Secretionsgeschwindigkeit und der Fermentgehalt des Secretes zunimmt (Landau, Heidenhain) und die sistirende Secretion wieder wachgerufen wird.

Reizung des centralen Vagusstumpfes hemmt die Secretion, wenn nicht etwa die zum Pancreas hinziehenden Nerven durchschnitten sind (Bernstein). — Reizung des peripheren Vagusstumpfes ist ebenso wie die einfache Vagusdurchschneidung ohne Einfluss auf die Pancreassecretion.

Secretionsreize. Das Pancreas ist reflectorisch und direct erregbar. Reizungen der Mund-, Schlund-, Vormagen- und vor Allem der Magenschleimhaut rufen gesteigerte Pancreassecretion hervor. Dies ist namentlich bei Anfüllung des Magens der Fall. Die Nahrungsaufnahme steigert die Wasser- und die Fermentsecretion. Magen und Pancreas stehen in sympathisch-consensuellen Beziehungen und arbeiten Hand in Hand (Ludwig, Bidder und Schmidt). Directe, namentlich electrische Reizungen des Pancreas steigern die Secretion oder rufen sie hervor (Kühne und Lea). Das Secret ist dann wässrig und reich an CO_2. Erbrechen hebt die Pancreassecretion auf, oder mindert sie (Weimann, Bernard, Bernstein).

Pilocarpininjectionen regen die Pancreassecretion mächtig an, während Atropin dieselbe aufhebt oder mindert.

Nach Schiff und Herzen soll die Milz einen grossen Einfluss auf die Pancreasthätigkeit ausüben. Milzexstirpationen sollen die Pancreassecretion aufheben oder sehr herabsetzen. Nach Heidenhain sind diese Angaben unrichtig.

---

4. Die Galle.

Eigenschaften. Die Galle ist eine farbige Flüssigkeit, deren Farbe stark variirt, sodass sie bei derselben Thierart braun, gelb, graubraun bis schwarz angetroffen werden kann. Auch ihre anderen Eigenschaften, z. B. ihre Consistenz, wechseln sehr. Im Allgemeinen ist sie zähe, fadenziehend, von bitterem Geschmack, keinem, oder fadem oder aromatischem, moschusähnlichem Geruche, von meist alkalischer Reaction. Bei Carnivoren erscheint sie meist gelb bis braun, bei Herbivoren meist grün gefärbt. Die gelbe und grüne Farbe tritt in Verdünnungen besonders klar hervor. Bei längerem Stehen an der Luft (2—4 Tage) fault die Galle, wobei sich Kohlensäure, schweflige und Schwefelsäure, flüchtige und feste Fettsäuren, Erdphosphate, Ammoniak, Trimethylamin und andere Körper bilden.

Die Blasengalle ist dickflüssiger, zäher, schleimiger, reicher an festen Bestandtheilen als die Gallenganggalle (beim Hunde 10—20 pCt. gegen 5 pCt., beim Schaf 8 pCt.) und enthält stets wenig Kohlensäure.

1. Die Menschengalle ist gelbbraun, selten grün von Farbe, schmeckt stark bitter, hat einen moschusähnlichen Geruch; die Blasengalle hat ein spec. Gew. von 1,026—1,032, die Fistelgalle von 1,010—1,011 (Jacobson).

2. Die Pferdegalle ist gelbgrün bis braun von Farbe, ohne besonderen Geruch, von bitterem Geschmack, zähe und besteht nach Lassaigne aus 95 bis 96 pCt. Wasser und 3—4 pCt. festen Bestandtheilen; das spec. Gew. beträgt 1,005 (Lassaigne).

3. Die Rindergalle ist manchmal gelbbraun, manchmal braungrün oder grün von Farbe, dabei trübe oder klar. Sie reagirt alkalisch; ist fadenziehend, enthält viel Mucin, spec. Gew. 1,022—1,025.

4. Die Kalbsgalle ist grün oder gelbbraun, zuweilen, namentlich in dünner Schicht, goldgelb von Farbe, klar, geruchlos, fadenziehend, neutral, enthält wenig Mucin, spec. Gew. 1,020—1,027.

5. Die Schafsgalle ist meist grün von Farbe, geruchlos, klar, wenig oder nicht fadenziehend, enthält aber doch Mucin, reagirt alkalisch. spec. Gew. 1,025 bis 1,031. Die Ziegengalle ist hellbraun, zuweilen grün, alkalisch.

6. Die Schweinsgalle ist hell- oder dunkelbraun gefärbt, auch goldgelb, namentlich wenn sie sehr verdünnt ist, klar, geruchlos, alkalisch, mucinreich, stark fadenziehend, spec. Gew. 1,020—1,027.

7. Die Hundegalle ist meist von gelbbrauner, im verdünnten Zustande von goldgelber Farbe, dünn- oder dickflüssig, reagirt neutral oder alkalisch, enthält Mucin, spec. Gew. 1,025.

Chemie der Galle. Die Galle enthält ausser den gewöhnlichen Stoffen (Wasser 82—91 pCt, Eiweisskörpern, Salzen, besonders Natriumsalzen,

Eisen, zuweilen Kupfer, Palmitin, Oleïn und Stearin als Natronseifen, Fette) an characteristischen und besonderen Bestandtheilen die Gallensäuren und die Gallenfarbstoffe und ausserdem Cholesterin, Lecithin, Neurin, diastatisches Ferment, Propionsäure, Mucin, Seifen, Spuren von Harnstoff und N, O und CO_2. Die anorganischen Stoffe bilden ca. 1 pCt. der Gallenbestandtheile.

Die **Gallensäuren** finden sich in der Galle in Form leicht löslicher Salze (an Alkalien, Natrium, selten an Kalium gebunden) vor. Gewöhnlich kommen 2 Säuren vor, von denen die eine beim Kochen mit Säuren Glycin, die andere Taurin abspaltet; hiernach werden diese gepaarten Säuren: Taurochol- und Glycocholsäure genannt. Es ist wahrscheinlich, dass die Galle verschiedener Thiere auch verschiedene Säuren enthält. In der Carnivorengalle herrscht die Taurocholsäure (Strecker, Bensch, Schlieper, Hoppe-Seyler, Parke), in der Rinder- und Schweinegalle dagegen Glycocholsäure vor; die Schweinegalle enthält als besondere Säure die Hyoglycholsäure; in der Menschengalle überwiegt die Taurochol- gegen die Glycocholsäure.

Reaction der Gallensäuren. Man erkennt das Vorhandensein der Gallensäuren durch die sogenannte Pettenkofer'sche Reaction. Dieselbe besteht darin, dass man die zu prüfende Flüssigkeit nach Abscheidung ihres Eiweisses in ein Porzellanschälchen (Reagirglas) giesst, dazu ca. $^2/_3$ des Volumen conc. Schwefelsäure, vorher einige Tropfen einer 10 procent. Rohrzuckerlösung (event. auch Traubenzucker und Amylum) setzt, worauf eine prächtig dunkelpurpurrothe Färbung entsteht. Der Schwefelsäurezusatz muss allmählich erfolgen, damit die Temperatur nicht über 70° C. steigt. Oder man nimmt verdünnte Schwefelsäure (1 : 4), oder PO_4H_3 (Drechsel) und setzt dazu einige Tropfen der betreffenden Flüssigkeit und wenig Zuckerlösung und erwärmt bis 70° (Neukomm), oder man benutzt die mit Rohrzucker versetzte Flüssigkeit zum Färben von Fliesspapier und setzt einen Tropfen Schwefelsäure darauf; dann entsteht eine violette oder purpurrothe Färbung. — Die Gallensäuren drehen im polarisirten Lichte rechts (excl. der Hyoglycocholsäure) und schmecken bitter. Die Glycocholsäure $C_{26}H_{43}NO_6 + H_2O$ wurde von Gmelin entdeckt und von diesem und Strecker Cholsäure, von C. G. Lehmann Glycocholsäure genannt. Sie kommt als Natriumsalz ($C_{26}H_{42}NaNO_6$) besonders in der Rindsgalle, in geringer Menge in der Fleischfressergalle vor und steht in der Constitution der Hippursäure nahe. Bei längerem Kochen mit Alkalien, Säuren und Barytwasser zerlegt sie sich in Glycocoll und die N-freie Cholalsäure (Strecker). Das Glycocoll (Glycin) ($C_2H_5NO_2$) $CH_2(NH_2)COOH$ schmeckt süss und bildet farblose, prismatische Krystalle. Abkömmlinge davon sind: Paraglycocholsäure, Glycocholonsäure, Chologlycolsäure, Glycodyslysin. Die Gallensäure (Cholsäure) (Rind $C_{24}H_{40}O_5$), (Mensch $C_{18}H_{28}O_4$), die sich in gefaulter Galle und im Darmkanal frei vorfindet, tritt amorph und in Krystallen (4—6seitigen Säulen) als wasserfreie Säure oder mit Wasser (1 Molec.) in Form rhombischer, farbloser Tafeln oder (mit $2^1/_2$ Molec. H_2O) in quadratischen Tetraedern oder Oktaedern auf. Die Anhydride sind das Dyslysin (Berzelius) und die Choloidinsäure (Demarcay).

Die Taurocholsäure $C_{26}H_{45}NO_7S + H_2O$ besteht aus Taurin (Gmelin, Strecker, Lehmann) und Cholsäure und kommt in der Rindergalle in kleinen, in der Carnivorengalle in grossen Mengen an Alkali gebunden

$$(C_{26}H_{44}KNSO_7)$$
$$(C_{26}H_{44}NaNSO_7)$$

vor. Das Taurin (Gallenasparagin, Gmelin)

$$C_2H_7NSO_3$$
$$(C_2H_4(NH_2)SO_3H)$$

bildet glasglänzende, lange, wasserhelle Säulen des monoklinen Systems, reagirt neutral, ist luftbeständig und unveränderlich bis 240° C. und enthält viel Schwefel.

Die Hyocholsäure ($C_{25}H_{40}O_4$), der Cholsäure sehr verwandt, kommt mit Glycocoll als Hyoglycocholsäure ($C_{27}H_{43}NO_5$) und zuweilen auch mit Taurin gepaart in der Schweinegalle vor. Das Verhalten der Säuren der menschlichen Galle ist nicht genau studirt.

Die Alkalisalze der Säuren gewinnt man wie folgt: eingedampfte Galle wird in Alkohol gelöst und Aether im Ueberschuss zugesetzt; dann krystallisiren die Salze in Form von glänzenden Nadeln (Plattner's krystallisirte Galle) aus. Näheres über die Darstellung der Gallensäuren, über die krystallisirte Galle (Plattner), über die Anthropocholsäure ($C_{18}H_{28}O_4$ Bayer), über die Veränderungen der Cholalsäure durch Kochen mit concentrirter Schwefelsäure und bei trockenem Erhitzen, über die Fäulniss der Galle und ihre Fäulnissproducte (Berzelius, Gorup-Besanez, Strecker, Thudichum), ihr Verhalten zu verschiedenen Reagentien, zu Kälte, Wärme, zum Kochen u. s. w. findet man in den Lehrbüchern der physiologischen Chemie.

Die Gallenfarbstoffe. In den meisten Gallen findet man das rothbraune Bilirubin (Städeler) und das grüne Biliverdin (Thudichum, Maly, Brücke, Robin, Städeler). Das Mischungsverhältniss dieser beiden Farbstoffe bedingt wesentlich die Farbe der Galle. Ausser diesen findet man noch das Bilifuscin und Biliprasin.

Das Bilirubin ($C_{32}H_{36}N_4O_6$, Biliphäin, Cholepyrrhin) ist der Grundfarbstoff der Galle. Es ist dem Hämatoïdin (Virchow) identisch, kommt in der Menschen-, Schweine- und Hundegalle vor, kann durch Schütteln der Galle mit Chloroform (Valentiner) und Schwefelkohlenstoff gewonnen werden, wird aber gewöhnlich aus rothen Gallensteinen dargestellt. Es krystallisirt in rechteckigen, länglichen Tafeln mit aufsitzenden flachen Tafeln oder in Form rhombischer Blättchen in Wetzsteinformen und Nadeln. Es ist in Chloroform und Alkohol leicht, in Wasser wenig oder nicht löslich und bildet rothgelbe Lösungen. Das Bilirubin ist ein Abkömmling des Blutfarbstoffs. Aus dem Bilirubin gehen alle anderen Gallenfarbstoffe hervor. Dasselbe ist von Wittich, Baum und mir in den Leberzellen nachgewiesen worden

Das Biliverdin $C_{32}H_{36}N_4O_8$, welches in der Herbivorengalle vorkommt, ist ein Oxydationsproduct des Bilirubin und entsteht schon beim Stehen der Galle an der Luft. Es stellt ein grünes, in kohlensauren Alkalien und in Alkalien leicht lösliches, in Aether schwer-, in Chloroform unlösliches Pulver dar, welches durch oxydirende Substanzen in einen blauen, violetten und schliesslich gelbbraunen Körper umgewandelt wird. Es wird durch Fällen von solcher Galle, die an der Luft gestanden hat, mit Salzsäure hergestellt. Es findet sich massenhaft auf der Placenta des Hundes.

Bilifuscin (Bilirubin + H_2O) und Biliprasin (Städeler, Bilirubin + H_2O + O) kommen neben dem Biliverdin in Gallensteinen und fauler Galle vor und stellen einen dunkel- bis schwarzbraunen Farbstoff dar.

Das Hydrobilirubin ($C_{32}H_{40}N_4O_7$, Hammarsten, Maly) findet man im Darmkanal (Sterkobilin) und in der faulenden Galle; es ist identisch mit dem Urobilin (Jaffé).

Reaction der Gallenfarbstoffe. Die Gallenfarbstoffe sind durch die sogenannte Gmelin'sche Probe nachweisbar: In ein Reagirglas giebt man einige Cubikcentimeter

einer stärkeren Salpetersäure und schichtet darauf die zu untersuchende Flüssigkeit; es bilden sich dann bald an der Grenze beider Flüssigkeiten farbige Ringe im chromatischen Wechsel. Derselbe zeigt bei Bilirubin von oben nach unten: grün, blau (Bilicyanin, Cholecyanin, Heynsius, Campbell, Jaffé), roth, gelb (Choletelin). Das Ganze ist ein Oxydationsvorgang, dessen höchste Stufe im Choletelin ($C_{16}H_{18}N_2O_6$, Maly) erreicht wird. Auf ein genaueres Eingehen auf die Gallensäuren und Gallenfarbstoffe, z. B. deren spectralanalytisches Verhalten (Fudakowski, Bogomoloff, Heynsius, Campbell, Stockvis u. A.) muss verzichtet werden. In dieser Hinsicht sei auf die Lehrbücher der physiologischen Chemie verwiesen. Unter den sonstigen Bestandtheilen der Galle verdient das Mucin, welches nach Landwehr eine Verbindung von Eiweiss mit einem colloidalen Kohlehydrat (thierischen Gummi) ist, noch besonderer Erwähnung. Dasselbe entstammt nicht den Leberzellen, sondern dem Epithel des ausführenden Apparates. Je reichlicher die Galle secernirt wird, um so weniger Mucin enthält sie.

Analysen der Galle. 1. Die Menschengalle ist von Frerichs, Gorup-Besanez, Ranke, Schäfer, O. Jacobson, Trifanowski, Socoloff, Hoppe-Seyler u. A. analysirt worden. Der letztere fand:

Mucin 1,29, andere in Alkohol unlösliche Stoffe 0,14, taurocholsaures Natrium 0,87 (0,0516 S), glycocholsaures Natrium 3,03, Seifen 1,39, Cholesterin 0,35, Lecithin 0,53, Fette 0,73, phosphorsaures Eisen 0,0166 pCt. Ihr Wassergehalt schwankte von 822,7—977,4; ihr Gehalt an gallensaurem Natrium von 10,1—102,2. Die Blasengalle war viel concentrirter als die Fistelgalle.

2. Die Hundegalle ist von Hoppe-Seyler analysirt worden. Sie ist wie folgt zusammengesetzt:

	Blasengalle		frisch secernirte Galle	
Mucin	0,45	(0,245)	0,053	(0,170)
Taurocholsaures Alkali	11,959	(12,602)	3,460	(3,402)
Cholesterin	0,449	(0,133)	0,074	(0,049)
Lecithin	2,692	(0,930)	0,118	(0,121)
Fette	2,841	(0,083)	0,335	(0,239)
Seifen	3,155	(0,104)	0,127	(0,110)
Andere in Alkohol unlösliche Stoffe	0,973	(0,274)	0,442	(0,543)
Anorganische Stoffe in Alkohol gelöst	0,199		0,408	

Die Salze bestanden aus K_2SO_4, Na_2SO_4, NaCl, Na_2CO_3, $Ca_32(PO_4)$, $FePO_4$, $CaCO_3$, MgO.

3. Die Ochsengalle enthielt nach Fürstenberg 92,91, nach Berzelius 90,44 Wasser. Von festen Stoffen fand ersterer 5,61 Gallensäuren, 0,32 Farbstoffe, 0,03 Fett, 0,51 Schleim u. s. w. In der Rindergalle wurden 3,58 pCt. S im alkoholischen Auszug nachgewiesen. Eine Aschenanalyse von H. Rose ergab: 27,7 NaCl, 4,8 Kali, 36,7 Natron, 1,4 Kalk, 0,53 Magnesia, 0,23 Eisenoxyd, 0,12 Manganhyperoxyd, 10,45 Phosphorsäure, 6,39 Schwefelsäure, 11,26 Kohlensäure, 0,36 Kieselsäure.

4. Die Schweinegalle enthielt nach Fürstenberg 890,0, nach Gandelach und Strecker 888 Wasser, 5,9 Salze u. s. w. In ihr findet man die Hyoglycocholsäure und die Hyotaurocholsäure. Im Rückstande wies man nach: 5,3 pCt. Schleim, 74,8 pCt. hyocholinsaures Natrium, 19,9 pCt. Fett, Cholesterin und hyotaurinsaures Natrium und 0,3—0,47 pCt. Schwefel u. s. w.

5. In der Hammelgalle fand Fürstenberg 86,9 pCt. Wasser, 16,69 pCt. Gallensäuren, 0,94 pCt. Schleim, 0,29 pCt. Farbstoffe etc. Sie enthielt 5,7—5,3 pCt. S neben 11,86 pCt. Asche. Die Ziegengalle enthielt 5,20 pCt. S und 13,21 pCt Asche.

6. In der Pferdegalle fand man 95—96 pCt. Wasser und 4—5 pCt. feste Bestandtheile (Lassaigne).

Die Galle enthält stets Eisen. Man fand beim Menschen 0,004—0,10 (Young), resp. 0,0062 (Hoppe), beim Hunde 0,016 (Young), 0,0063—0,0078 (Hoppe), 0,0058 (Kunkel), beim Rind 0,003—0,006 pCt. Fe. Der Kupfergehalt ist nicht bestimmt worden.

Die Gase der Galle sind von Bogoljubow, Noël, Hoppe-Seyler, Pflüger bestimmt worden. Letzterer fand 0,060, 0,4—0,6 N und 5—14,4 auspumpbare und 0,6—41,7 durch Phosphorsäure austreibbare CO_2. Frische Galle gehört mit dem Speichel zu den CO_2 reichsten Flüssigkeiten des Körpers. Die Lebergalle ist reicher daran als die Blasengalle (Charles) und die Herbivorengalle enthält mehr CO_2 als die Carnivorengalle.

Ueber fremde Stoffe (Arzneimittel u. dergl.), die in der Galle zuweilen auftreten und aus dem Blute in die Galle übergehen, hat Mosler genaue Angaben gemacht.

Die Absonderung der Galle. Die Galle ist das Secret der Leber und zwar ein Product der Eigenthätigkeit derselben.

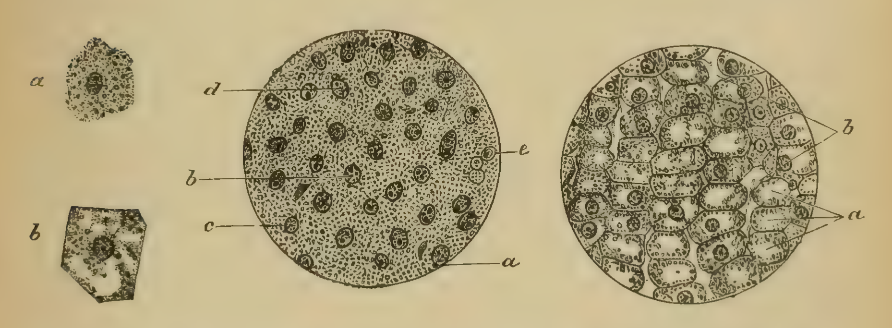


Fig. 47. Ruhende und thätige Leberzellen. Links eine isolirte ruhende Zelle (*a*) und eine thätige (*b*). In der Mitte eine Gruppe ruhender, rechts eine solche thätiger Zellen.

Dass die Wasserabsonderung bei der Gallensecretion keine einfach-mechanische, sondern eine unter Eigenthätigkeit der Drüsenzellen vor sich gehende Transsudation ist, geht daraus hervor, dass bewiesen worden ist, dass der Druck der Galle in den Gallengängen ein höherer ist als der Druck des Blutes in den Lebergefässen (Friedländer, Barisch, von Basch).

Hierfür spricht auch noch die Thatsache, dass Wassereinspritzungen in das Blut die Gallensecretion nicht erhöhen (Köbner, Strube, Röhrig). Der Gallendruck beträgt beim Meerschweinchen 184—212 *mm* Wasser; steigt derselbe höher, dann erfolgt der Eintritt der Galle in das Blut (Friedländer, Barisch, Heidenhain).

Die Secretion der characteristischen Bestandtheile, der Gallensäuren und der Gallenfarbstoffe. Die Leberzellen verändern sich während der Secretion ganz bedeutend und bieten 2 ganz verschiedene Zustände dar. Nach unseren Beobachtungen an der Pferdeleber (Baum und Ellenberger) und nach den Untersuchungen von Heidenhain und

Kaiser ist die Leberzelle des hungernden Thieres (Fig. 47 links *a*) dicht und gleichmässig granulirt, trübe, nicht scharf begrenzt, besitzt einen kugeligen Kern, der die verschiedensten Grössenverhältnisse zeigt und oft ohne Kernkörperchen, dessen Emigration häufig vorkommt, ist. Sie enthält viel Pigment- und wenig eosinophile Körnchen und oft freie Plasmosome. Während der Thätigkeit verschwindet die Körnung, und Glycogenschollen treten in den Zellen auf. Da diese in den meisten Härtungs- und Zusatzflüssigkeiten, welche bei der mikroskopischen Technik angewendet werden, löslich sind, so sieht man in den Leberzellen grosse Lücken, die durch den Wegfall der Glycogenschollen entstanden sind; die Kerne gehen z. Th. verloren, die Zellgrenzen werden scharf, die Pigmentkörnchen nehmen ab u. s. w.

Die thätige Leberzelle (Fig. 47 links *b*) unterscheidet sich von der ruhenden wie folgt: Sie ist sehr scharf begrenzt, enthält mehr eosinophile aber weniger Pigmentkörnchen als die ruhende und besitzt eine netzartige Anordnung des Protoplasma und zahlreiche Lücken im Zellleibe; sie ist öfters kernlos, der vorhandene Kern ist granulirt, mit Kernkörperchen versehen, die Emigration des letzteren ist seltener als in der ruhenden Leber, die thätige Zelle ist kleiner als die ruhende, die Zwischenräume zwischen den Zellen sind grösser. Die Grösse der Kerne ist gleichmässiger; oft sieht man blasse, zu Grunde gehende Kerne. Die Leberläppchen der thätigen Leber sind grösser als die der ruhenden. Während der Zeiten des Secretionsnachlasses geht der Zustand der thätigen Zelle allmählig wieder in den der ruhenden über. Die mikroskopischen Bilder der thätigen oder ruhenden Leberzellen lassen sich auch durch gallentreibende resp. die Gallensecretion hindernde Mittel erzeugen (Ellenberger, Baum).

Trotzdem die Leber noch Glycogen, Zucker und ein diastatisches Ferment producirt, wobei die Zellthätigkeit auch in Betracht kommt, so lässt sich doch aus den vorbeschriebenen Veränderungen der Leberzellen während der Secretion der Schluss ziehen, dass sie bei der Gallensecretion activ betheiligt sind. Nach meiner Ansicht sind es wesentlich die Kerne der Leberzellen, welche für die Gallensecretion, wenigstens die Bildung der Gallensäuren in Betracht kommen. Sie erleiden bedeutende Veränderungen je nach den Functionsstadien und zeigen eine lebhafte Thätigkeit. Ein erheblicher Theil der Kerne geht zu Grunde, während neue Kerne entstehen. Für die Annahme, dass die Gallensäuren und Farbstoffe in der Leber gebildet werden, sprechen noch folgende Thatsachen:

1. In dem Blute der zuführenden Lebergefässe (Pfortader und Leberarterie) sind, wie überhaupt im Blute, normaliter weder Gallensäuren noch Gallenfarbstoffe zu finden, trotzdem dieselben im Chylus und Harn vorkommen (Tappeiner, Naunyn, Vogel, Höhne, Dragendorff, Ludwig und Fleischl). 2. Weder bei Exstirpationen der Leber (Joh. Müller, Kunde, Moleschott) resp. ihrem Ausschalten aus dem Kreislaufe (Minkowski, Naunyn, Stern), noch bei solchen

Krankheiten, welche das Sistiren der Gallensecretion im Gefolge haben (Frerichs), entsteht eine Anhäufung von Gallenbestandtheilen im Blute. 3. Dagegen tritt bei bestehender Secretion aber behindertem Abfluss der Galle eine Anhäufung der Gallenbestandtheile im Blute, im Chylus, in der Lymphe und in den Geweben auf, weil die von den Leberzellen producirten Stoffe wegen Mangel an Abfluss resorbirt werden und so in das Blut gelangen. 4. Das Ausschalten der Leber aus der Circulation ruft keine Gallenfarbstoffbildung im Körper hervor (Naunyn, entgegen von Moleschott und Kunde).

Aus Vorstehendem ergiebt sich mit Sicherheit, dass die Leber die Productionsstelle der specifischen Bestandtheile ist, obgleich dieselben unter gewissen Verhältnissen auch an anderen Orten im Thierkörper entstehen können (Virchow, Vulpian, Clöz, Latschenberger u. A.).

Nach Analogie mit anderen Organen und auf Grund obiger Thatsachen über das Verhalten der Leberzellen schliessen wir, entgegen den Anschauungen von Cl. Bernard, Henle, Légros u. A., dass die Leberzellen die Producenten der Gallensäuren und Gallenfarbstoffe sind. Hierfür spricht ganz besonders noch die Thatsache, dass es uns in neuester Zeit gelungen ist, mikrochemisch die genannten beiden Gallenbestandtheile in den Leberzellen mit Sicherheit nachzuweisen (Baum und Ellenberger).

In Bezug auf die oben angegebenen Versuchsergebnisse sei noch Folgendes zugesetzt: Bei Unterbindung des Ductus choledochus tritt keine Galle im Blute auf, wenn der Ductus thoracicus ebenfalls unterbunden wird. Dies beweist, dass die stauende Galle nur von den Lymphgefässen aufgenommen und durch die Lymphbahnen dem Blute zugeführt wird (Fleischl, Ludwig, Kunkel, Kuffrath). — Das Ausschalten der Leber geschah bei Vögeln, weil es bei Säugethieren nicht möglich ist. (Unterbindet man, wie dies Stern that, alle zuführenden Gefässe der Leber und die Gallengänge, dann hört auch die Harnsecretion auf.)

Bei Fröschen ist die Unterbindung der Leber resultatlos, weil der Nachweis minimaler Mengen von Gallenbestandtheilen in den Froschgeweben nicht möglich ist.

Zahlreiche Analysen des Pfortader- und Lebervenenblutes haben keinen constanten und wesentlichen Unterschied zwischen beiden ergeben (Flügge, Drosdorf); nur bei reichlichem Genusse von Kohlehydraten ist der Zuckergehalt der Pfortader höher als der des Lebervenenblutes.

Dario Baldi ist der Meinung, dass die Gallensäuren nicht nur in der Leber, sondern im ganzen Organismus gebildet werden. Er hat im normalen circulirenden Blute vieler Organe Gallensäuren gefunden.

Herkunft der Gallenbestandtheile. Die Gallenbestandtheile werden in der Leber aus Bestandtheilen des zufliessenden Blutes bereitet. Im Blute selbst findet eine Bildung von Gallenbestandtheilen nicht statt (Stadelmann u. A.). 1. Das Taurin und das Glycocoll entstammen wohl dem Eiweiss (Lehmann, Flügge, Drosdorf u. A.). Glycocoll (Amidoessigsäure) lässt sich beim Kochen mit verdünnten Säuren aus dem Leim, einem Eiweissabkömmling, abspalten. Taurin ist das oxydirte Schwefelatom des Eiweisses = Amidoäthylsulfonsäure. 2. Woher die

Cholalsäure kommt, ist unbekannt. Sie dürfte ebensowohl aus Kohlehydraten als aus Eiweisskörpern (Spaltungsvorgang) stammen.

Taurin, Glycin und die Cholalsäure entstehen sonach gesondert; erst später tritt ihre Vereinigung ein. Glycin und Taurin vereinigen sich unter Umständen auch mit anderen, organischen Säuren, so z. B. das Glycin (minus ein Atom Wasser) mit Benzoësäure zur Hippursäure, mit der Nitrobenzoësäure zur Nitrohippursäure, mit der Salicylsäure zur Salicylursäure u. s. w.

3. In Bezug auf die Herkunft der Gallenfarbstoffe ist Folgendes thatsächlich festgestellt worden:

a) In extravasirtem, im Thierkörper liegenden Blute bildet sich aus seinem Hämoglobin ein dem Bilirubin in allen seinen Eigenschaften gleicher Körper (Zenker, Funke, Valentin, Brücke, Jaffé, Valentiner, Schwanka, Naumann, Salkowsky, Hoppe-Seyler), den Virchow Hämotoidin genannt hat.

Wenn auch Städeler, Robin, Holm u. A. die Identität des Bilirubin mit dem Hämatoidin bestreiten, so muss dieselbe auf Grund der vielfachen Beobachtungen und Untersuchungen der obengenannten Autoren dennoch angenommen werden Hieraus folgt, dass der normale Blutfarbstoff unter gewissen Verhältnissen in den Gallenfarbstoff übergeht.

b) Beim Zerstören der rothen Blutkörperchen und Freimachen des Hämoglobin durch gewisse Einspritzungen in das Blut (Wasser, Chloroform, gallensaure Salze, Aether etc.) und bei Einspritzungen von Hämoglobinlösungen in das Blut bildet sich im Blute Bilirubin, welches durch den Harn entleert wird (Kühne, Max Hermann, Nothnagel, Leyden, Munk, Bernstein, Taschanoff etc.). Diesen Angaben widersprechen Naunyn, Steiner, Huppert, Röhrig und Schur. c) Froschblut bildet ausserhalb des Körpers Bilirubin (Reklinghausen). d) Aus dem Hämoglobin des Blutes hat Hoppe-Seyler das Urobilin, welches nach Maly ein Hydrat des Bilirubin (Hydrobilirubin) und aus diesem hergestellt werden kann, dargestellt, sodass das Bilirubin als ein Zwischenproduct der Umwandlung des Blutfarbstoffs in den Harnfarbstoff erscheint. e) Am Rande der Hundeplacenta findet man Biliverdin (Robin, und Verdeil, Langhans). f) Bei Gewebsblutungen, Hämatocele und dergleichen ist viel Urobilin im Harn. g) Die Thiere, welche kein Hämoglobin in den Blutkörperchen haben, besitzen auch keinen Gallenfarbstoff. h) Wird Blut von Tauben und Hunden in die Unterhaut injicirt, dann bildet sich dort Bilirubin und Biliverdin (Langhans, Quincke), wird es in die Bauchhöhle injicirt, dann entsteht Bilirubin (Cordua). i) Einspritzungen von Hämoglobin in die Bauchhöhle steigern die Gallenfarbstoffbildung (Gorodecki).

Diese Thatsachen ergeben, dass der Gallenfarbstoff in genetischen Beziehungen zum Blutfarbstoff steht und dass derselbe jedenfalls in der Leber aus demselben gebildet wird. Die Leberzellen bemächtigen sich des im Blute vorhandenen, aus zu Grunde gegangenen Blutkörperchen stammenden Hämoglobins behufs Umwandlung desselben in Bilirubin.

Ausserdem wird aber auch in der Leber eine Zerstörung alter, wenig resistenter Blutkörperchen durch die in der Leber vorhandenen Gallensäuren stattfinden. Das

freigewordene Hämoglobin geht, wie dies auch bei Einspritzungen von Gallensäuren in das lackfarben werdende Blut eintritt, in Bilirubin (resp. Hämatoidin) über. Der Zusammenhang zwischen Hämoglobin und Bilirubin ergiebt sich auch aus der elementaren Zusammensetzung dieser Körper:

Hämatin	$C_{32}H_{32}N_4O_4Fe$
Bilirubin	$C_{32}H_{36}N_4O_6$
Biliverdin	$C_{32}H_{36}N_4O_8$

Latschenberger hat in neuerer Zeit die Entstehung der Gallenfarbstoffe genauer studirt und festgestellt, dass der Gallenfarbstoff resp. dessen Muttersubstanz (das Choleglobin) unter gleichzeitiger Abspaltung eines eisenhaltigen Melanins aus dem Blutfarbstoff entsteht; das Hämoglobin spaltet sich also in einen eisenfreien und einen eisenhaltigen Farbstoff. Diese Spaltung (also die Bildung des Gallenfarbstoffs) geschieht nicht nur in der Leber, sondern auch in anderen Geweben und in Gewebslücken und in dem Blute.

4. Der Schleim der Galle stammt aus dem ausführenden Apparate und wird von den Zellen des Oberflächenepithels und den Drüsen desselben bereitet. Je lebhafter die Gallensecretion abläuft, um so ärmer ist die Galle an Schleim. — Die sonstigen Bestandtheile der Galle sind, soweit sie nicht direct dem Blute entstammen, z. Th. Stoffwechselproducte der Leber.

5. In der Leber laufen lebhafte Oxydationsprocesse ab. Hierfür spricht ausser dem CO_2-Gehalte der Galle die Thatsache, dass das Lebervenenblut wärmer und reicher an CO_2 ist als das zufliessende Leberblut (Cl. Bernard).

Die Betheiligung des Blutes und der Blutcirculation bei der Gallenbildung. Die Blutcirculation ist von grösstem Einflusse auf die Gallensecretion. Sie wird namentlich vom N. splanchnicus beeinflusst (v. Basch).

Die thätige Leber ist sehr blutreich; ihre Blutcirculation ist zwar beschleunigt, dabei aber doch noch ausserordentlich langsam wegen des enormen Gesammtlumens der Lebergefässe; die Blutspannung in der Leber ist eine sehr geringe, weil das Blut schon ein Capillargebiet passirt hat. Das Blut kommt in die innigste und vielseitigste Berührung mit den Leberzellen. Verringerte und verlangsamte Blutströmung in und zur Leber hat eine Verringerung, vermehrte und beschleunigte eine Steigerung der Gallensecretion zur Folge.

Da sich bei Anfüllung des Magens und Darms die Blutgefässe der Leber erweitern und der Blutgehalt und Blutdruck in der Pfortader steigt, so muss unter diesen Verhältnissen eine Vermehrung der Gallensecretion eintreten. Da weiterhin die Blutbewegung in der Leber von den peristaltischen Bewegungen des Darms und von den Athembewegungen, die saugend auf die Venen und treibend auf die Pfortader wirken, abhängt, so beeinflussen auch diese Verhältnisse die Gallensecretion. Unterbindung der Hohlvene oberhalb des Diaphragma bedingt Sistiren der Gallensecretion (Heidenhain), wie jede mechanische Hinderung der Circulation dieselbe herabsetzt (Köbner und Struve). Starke Blutentziehungen bedingen Minderung der Absonderungsgeschwindigkeit und Zunahme der festen Bestandtheile der Galle, unter Umständen Aufhören der Gallensecretion. Reicher Blutstrom zu anderen Organen mindert die Gallensecretion. Der Blutlauf in den Arterien- und in den Pfortaderzweigen steht in gegenseitiger Abhängigkeit. Erhöhtes Strömen in der Leberarterie bedingt Hemmung, vermindertes dagegen Beschleunigung des Blutstroms in der Pfort-

ader, wie andererseits Absinken des Stromes in der Pfortader Steigerung desselben in der Leberarterie hervorruft. Bei Sinken des Pfortaderdrucks auf ein Minimum staut das Blut aus den Lebervenen in das Lebercapillargebiet zurück und liefert Material für die Gallenbildung (Cohnheim, Litten, Cl. Bernard). Bei Ueberleiten des Arterienblutes in die Pfortader besteht die Secretion ungehindert fort. Bluttransfusionen rufen Anfangs Steigerung und dann Sinken der Gallensecretion hervor, weil der Blutdruck zu hoch ansteigt und die Gallenwege dadurch comprimirt werden.

Da die Leber 2 zuführende Gefässe, die Pfortader und die Leberarterie besitzt, so ist die Frage zu lösen, welches Blut den Leberzellen das Hauptmaterial für die Gallenbildung liefert. In dieser Hinsicht sind von Schmulewitsch, Asp, Simon, Schiff, Kottmeier, Betz, Frerichs, Cohnheim, Litten, Oré, Oster, Röhrig u. A. viele Untersuchungen angestellt worden. Folgendes kann als festgestellt gelten: 1. Die Leber vermag dauernd nur dann zu functioniren, wenn in beiden Gefässen freie Circulation besteht. Bei Unterbindung beider Gefässe hört die Gallensecretion auf (Röhrig). 2. Bei Unterbindung der Pfortader hört die Gallensecretion sofort auf (Heidenhain, Schiff), oder sie besteht zwar noch eine Zeit lang fort, aber in sehr vermindertem Maasse. Die frühere Behauptung, dass die Leberarterie für die Gallensecretion allein genügte (Gintret, Moos, Oré und viele Andere), ist falsch (Küthe und Schiff u. A.). 3. Entgegen den Angaben von Oré, Frerichs, Kottmeier u. A. haben Simon, Schiff und Andere dargethan, dass bei Unterbindung der Leberarterie die Gallensecretion eine Zeit lang in vollem Umfange fortbesteht. 4. Bei lange fortgesetztem Unterbrechen des arteriellen Zuflusses tritt mangelhafte Ernährung der Pfortader- und Gallengangwände u. s. w. ein, es entstehen Störungen der Pfortadercirculation, der Ernährung der Leberzellen, Necrose u. s. w. Damit muss eine Beeinträchtigung der Leberfunction einhergehen.

Aus diesen Thatsachen folgert man, dass die Leberarterie vorzugsweise das nutritive und die Pfortader vorzugsweise das functionelle Gefäss der Leber ist.

Die Versuche von Chrzonszczewsky und Kühne (mit Indigcarmininjectionen) und von Schmulewitsch und Schiff (Blutdurchleitungen durch die Leber) sind verschieden zu deuten, also in keiner Richtung beweiskräftig.

Für die Ansicht, dass die Pfortader das Material für die Gallenbildung liefert, spricht auch noch Folgendes: Die Leberarterie führt verhältnissmässig wenig, die Pfortader sehr viel Blut zur Leber. Das Lebervenenblut zeigt eine andere Beschaffenheit als das Pfortaderblut, es ist ärmer an Salzen, Wasser, Fett etc., reicher an Extractivstoffen, Zucker und Harnstoff. Auch die Thatsache, dass das aus dem Darmkanale kommende venöse Blut nicht direct zum Herzen, sondern erst zur Leber geht, also einen ganz ungewöhnlichen Weg macht, spricht für die genannte Anschauung. Immerhin ist festzuhalten, dass Leberarterie und Pfortader einander eine Zeit lang vertreten und sich gegenseitig unterstützen können.

Allgemeine Secretionsverhältnisse. Es ist noch zweifelhaft, ob die Secretion der Galle intermittirend oder ununterbrochen erfolgt; dagegen weiss man, dass sie erheblichen Schwankungen je nach dem Stande

der Verdauung, nach der Quantität und Qualität der Nahrung, nach Wasseraufnahme, nach Ruhe und Bewegung, nach der statthabenden Rumination u. s. w. unterliegt.

Baldi behauptet allerdings, dass die Gallensecretion von der Zeit der Mahlzeit und der Art der Nahrungsmittel unabhängig sei. Diese Anschauung deckt sich aber nicht mit den Thatsachen. Während des Hungerns und bei Verdauungsstörungen mindert sich der Abfluss der Galle, während sie procentisch reicher an festen Bestandtheilen wird. Bei Nahrungsaufnahme tritt eine Steigerung des Gallenabflusses ein (Bidder und Schmidt, Zawilsky u. A.). Bei Fleischnahrung soll die Steigerung der Secretion schon 1 Stunde, bei Kohlehydratnahrung erst 7 bis 8 Stunden nach der Nahrungs-Aufnahme eintreten. Ueber die Zeit der lebhaftesten Secretion schwanken die Angaben; Bidder und Schmidt verlegen sie in die 12.—15., Bernard in die 7., Kölliker und Müller in die 3.—8., Hoppe-Seyler in die 5.—6. und A. Wolff in die 2.—4. und 8.—16., Heidenhain in die 1. und in die 12.—16. Verdauungsstunde. Die letztgenannten Autoren nehmen also zwei Perioden der Secretionssteigerung an; die erste soll in Folge eines Reflexes vom Magen aus (Gefässinnervationsänderung mit Steigerung des Pfortaderblutstroms) erfolgen; die zweite fällt in die Zeit der lebhaften Darmverdauung und der lebhaften Resorption, wobei eine Erweiterung der Gefässe des Pfortadersystems besteht und die Resorption von Stoffen (Gallenbestandtheilen) eintritt, welche die Leberzellen reizen.

Die Resorption von Gallenbestandtheilen aus dem Darminhalte regt die Gallensecretion an. Das Eindringen von Galle in den Darm oder Magen ruft eine Steigerung, das Ableiten der Galle nach aussen eine Minderung der Secretion hervor (Schiff, Tarchanoff, Rutherford und Vignal, Huppert, Rosenberg, Socoloff). Nach Schiff besteht eine Art Kreislauf eines Theiles der Gallenbestandtheile; dieselben kommen von der Leber in den Darm und von da durch die Pfortader wieder in die Leber, dann wieder mit der Galle in den Darm u. s. w. Demgegenüber beobachtete allerdings Socoloff bei Injection von glycocholsaurem Natrium nur eine Steigerung des Wassergehaltes und nicht eine solche der festen Bestandtheile der Galle.

Einfluss der Tageszeit. Die Gallensecretion schwankt periodisch; sie ist Nachmittags am stärksten, sinkt in der Nacht und steigt am Vormittag an; beim Hungern sind diese Tagesschwankungen gering.

Einfluss der Nahrung. Bei Carnivoren ist die gesammte Gallensecretion (des Wassers und der festen Stoffe) bei reiner und reichlicher Fleischfütterung am bedeutendsten, bedeutender als bei gemischter Kost (Bidder und Schmidt, Spiro). Wasseraufnahme steigert den Gallenabfluss, macht die Galle aber wässeriger. Fettdiät ist ohne Einfluss oder bedingt Sinken der Gallenmenge (Bidder und Schmidt, A. Wolff). — Die Abhängigkeit der Leberthätigkeit von der Art der Ernährung erklärt sich daraus, dass das Pfortaderblut die resorbirten Bestandtheile der Nahrung zur Leber hinträgt.

Quantitative Verhältnisse. Beim Pferde sammelte Colin in 3—4 Stunden nach Anlegung der Fistel 250—300 *g* Galle pro Stunde und 6000 *g* in 24 Stunden, beim Esel und Maulthier wurden 60—80, beim Stier 100 - 120 (aus der Blase), beim

Schaf 10—18, beim Schweine 160 in der ersten Stunde, beim Hunde (Kölliker, Müller, Dalton, Colin, Nasse) 8—65 *g* Galle pro Stunde und 40—50 *g* in 24 Stunden (Blondlot) secernirt. Bei reichlicher fettfreier Fleischnahrung sammelte Spiro 136 *ccm* in der Stunde, und zwar war die Secretion am Nachmittage am geringsten; sie stieg Nachts und Vormittags an. Beim Menschen sammelte man im Mittel 400 bis 650 *g* flüssige Galle (auf 74 *kg* Körpergewicht) in 24 Stunden (Ranke, Wittich, Westphalen).

1 *kg* Körpergewicht liefert nach Bidder und Schmidt: 1. pro Stunde beim Menschen 0,3—1,0, beim Schaf 1,059, beim Hunde 0,824, bei der Katze 0,608, beim Kaninchen 5,702; 2. pro 24 Stunden: beim Hunde 20,0, bei der Katze 14,5, beim Schaf 25,4, beim Kaninchen 136,8, beim Meerschweinchen 175,8, beim Menschen 8,8 bis 20,11 flüssige Galle und 0,25—4,5 trockenen Rückstand. Die Gallenmenge von 24 Stunden beträgt beim Hunde $^1/_{83}$—$^1/_{15}$, beim Schaf $^1/_{400}$—$^1/_{60}$, beim Pferd $^1/_{66}$, beim Kaninchen $^1/_8$ des Körpergewichtes.

Alle diese Versuchsresultate sind von geringem Werthe, weil beim Anlegen der Fisteln Störungen in der Gallensecretion eintreten; daher sammelte Colin beim Pferde in der ersten Stunde nach der Operation 328, in der zweiten 241, in der vierten 194, in der sechsten 136, später 120, ja 90, ebenso beim Schwein in der ersten Stunde 160 und in der fünften 74 *g* Galle pro Stunde. Diese Minderung der Gallensecretion in den späteren Versuchsstunden ist wesentlich dadurch bedingt, dass bei Gallenfisteln die Resorption der Gallenbestandtheile fehlt oder sehr gering ist. Die Gallensecretion ist also eine abnorme. Deshalb lassen wir die Angaben von Ranke und Hoppe-Seyler über die in der Zeiteinheit ausgeschiedenen Gallenbestandtheile unberücksichtigt.

Die Beobachtungen über diejenigen Einflüsse, welche die Secretion bestimmter Gallenbestandtheile steigern, sind zu wenig zahlreich, um sichere Schlüsse zu gestatten, sie stammen von Bidder und Schmidt, H. Nasse, Gorup-Besanez, Huppert, Schiff, Socoloff, Tarchanoff.

Nerveneinflüsse. Ueber die Wirkung des Nervensystems auf die Gallensecretion ist nichts Sicheres bekannt.

Da durch die älteren Experimentatoren die Thätigkeit der Leberzellen weder durch Nervenreizungen noch durch Nervendurchschneidungen wesentlich und constant beeinflusst werden konnte, so nahm man früher an, dass die Leberzellen Automatie besässen und nur von dem vasomotorischen Nervensystem, d. h. von der Blutcirculation abhängig seien.

In neuerer Zeit will man aber noch Folgendes festgestellt haben: Reizung des Rückenmarks (Heidenhain und Lichthein), der Ansa Vieussenii, des Gangl. cervicale inf., der Lebernerven (Affanassiew) und der Splanchnici (J. Munk) steigern die Gallensecretion vorübergehend, um sie sodann herabzusetzen (wegen Gefässverengerung und Reizung der Muskelfasern der Gallenwege). Durchschneidung des Halsmarks und der Splanchnici und der Diabetesstich bedingten Sinken der Gallensecretion bei Sinken des Blutdrucks und der Stromgeschwindigkeit des Blutes. Affanassiew will dagegen bei Durchschneidung der N. splanchnici und der Lebernerven Steigerung der Secretion beobachtet haben. Vagussectio soll die Gallensecretion hemmen (in Folge der gestörten Athembewegungen?).

Anhang. Die Glycogenie und andere Functionen der Leber.

Die Leber besitzt mannigfaltige Functionen: sie secernirt mit der Galle, welche durch den Ausführungsgang in den Darm entleert wird, Stoffe, deren längeres Verweilen dem Organismus schaden würde (Ent-

giftung); sie erzeugt bestimmte Stoffe, deponirt dieselben in sich und übergiebt sie, je nach Bedarf, dem Säftestrom des Körpers und regulirt so den Stoffwechsel; sie vernichtet verschiedene Stoffe und morphologische Elemente, resp. wandelt sie in andere Formen um.

Die Leber ist ein Regulator für die Zusammensetzung des Blutes (wie die Nieren und andere Drüsen) und bedingt eine gewisse Constanz in demselben. Sie revidirt das vom Darm aus in die Säftemasse eintretende Material in ähnlicher Weise, wie das Geschmacksorgan die aufgenommene Nahrung prüft. Sie sorgt dafür, dass das Blut nicht zu viel und nicht zu wenig Zucker enthält, dass das schädliche Ammoniak in Harnstoff und Harnsäure umgewandelt wird, und hält viele metallische Gifte in sich zurück und schützt dadurch den Organismus dann vor Vergiftungen, wenn die Gifte nicht zu concentrirt sind (Roger).

1. Die Harnstoffbildung in der Leber (Entgiftung des Blutes). Meissner, welcher in der Leber mehr Harnstoff fand als im Blute, hat zuerst die in neuerer Zeit von anderen Forschern bestätigte Theorie aufgestellt, dass die Leber Harnstoff und zwar zum grössten Theile aus den daselbst zerfallenden rothen Blutkörperchen bilde.

Gscheidlen und J. Munk bestritten die Meissner'sche Lehre. Neuere Versuche von v. Schröder und Minkowski haben sicher erwiesen, dass die Leber aus Substanzen, aus denen sich Harnstoff bildet (Schultzen, Nencki, Salkowski, Schmiedeberg, Feder), also z. B. aus kohlensaurem Ammoniak, pflanzensauren Ammoniaksalzen, Amidsubstanzen (Glycocoll, Leucin) thatsächlich Harnstoff oder Harnsäure bereitet. Dieser Vorgang beruht wohl in einer Anhydridbildung, in einer Wasserentziehung. Bei entleberten Thieren tritt die Umwandlung der genannten Stoffe in Harnstoff nicht, dafür aber die Giftwirkung derselben auf den Organismus ein.

2. Die Leber zerstört nach den Untersuchungen von Minkowski und Marcuse die Milchsäure, sodass im Harn der Säugethiere keine Milchsäure auftritt.

3. Die Leber ist ein Depositionsorgan für Fette. Während und unmittelbar nach der Verdauung haben sich die Leberzellen derart mit Fett beladen, dass die Leber wie eine Fettleber (physiologische Fettleber) erscheint. Bald verschwindet dieser Fettüberschuss wieder. Da auch bei fettfreier Nahrung Fett in der Leber (Tscherinoff) ist, so muss man annehmen, dass die Leberzellen Fett bilden.

4. Ob die Leber die Peptone in Albumin zurückverwandelt, ist noch zweifelhaft. Neumeister u. A. bestreiten es. Sie nehmen an, dass diese Umwandlung schon durch das Darmepithel erfolge (siehe Absorption).

5. Die Leber soll nach einigen Forschern aus einfachen Farbstoffen (Hämatin, Bilirubin) Hämoglobin bilden.

Die Leber zerlegt nicht nur, wie alle Thierzellen, hoch zusammengesetzte Körper in niedriger zusammengesetzte, sondern sie baut auch, wie wir vorstehend sahen, wie die Pflanzenzelle, unter Erzeugung von Spannkräften hoch zusammengesetzte Molecüle auf (aus kohlensaurem Ammon Harnstoff, aus Zucker Glycogen und aus einfachen Farbstoffen Hämatin und Bilirubin, Hämoglobin).

6. Die Leber wandelt Hämoglobin in Gallenfarbstoffe um (Naunyn, Stadelmann, Stern, Minkowsky, Affanasiew, Schmiedeberg).

Werden im Thierkörper zu viel rothe Blutkörperchen zerstört (durch Toluylendiamin, Pyrogallussäure, Morchelgift, Aether, Chloroform, fremdes Blut), sodass die Leber nicht im Stande ist, alles Hämoglobin umzuwandeln, dann entsteht Hämoglobinurie und Hämoglobinämie. Vorher kommt es aber oft in Folge der massenhaft gebildeten Gallenfarbstoffe zu Icterus (Silbermann, Schmiedeberg, Stadelmann). Einen hämatogenen Icterus giebt es nicht. Ist die Leber entfernt, dann kommt kein Icterus mehr zu Stande (Naunyn, Minkowsky, Stern). Jeder Icterus ist entweder hepatogen oder hämohepatogen.

Die Zerstörung des Hämoglobin durch Leberzellen ist durch E. Anthen direct beobachtet worden. Diese Fähigkeit behielten die Zellen, wenn sie glycogenhaltig waren, noch lange, nachdem sie vom Organismus getrennt waren.

7. Die Leber bildet **Glycogen** und lagert dies in sich, d. h. in seine Zellen ab. Unter normalen Verhältnissen findet man stets Glycogen in der Leber, am meisten aber kurz nach der Verdauung; es liegt in Form glänzender Schollen in dem zierlichen Netzwerk der Leberzellen (s. S. 536) und kann hier durch Jod leicht nachgewiesen werden (Affanassiew, Heidenhain, Rohmann, Baum, Langendorf, Ellenberger).

Eigenschaften des Glycogen. Hensen und Cl. Bernard haben das Glycogen entdeckt; es ist ein Anhydrid der Dextrose und steht zwischen Stärke und Dextrin.

Es färbt sich mit Jod dunkelroth und wird durch Kochen mit Säuren in Zucker übergeführt. In Bezug auf Löslichkeit und Diffundirbarkeit verhält sich das Glycogen wie die colloiden (gummiartigen) Kohlehydrate, in Bezug auf Spaltungen aber wie Amylum. Diastatische Fermente spalten dasselbe in ein dextrinähnliches Kohlehydrat und zu 60—75 pCt. in einen maltoseähnlichen Zucker (Nasse, Seegen). Bei Uebertritt in das Blut entsteht dagegen Traubenzucker(?).

Das Glycogen kommt nicht nur in der Leber, sondern auch in den Muskeln, im Herzen, in den Hoden, im Gehirn und wahrscheinlich noch in anderen (z. B. in den Leucocyten), vor Allem aber in den fötalen Geweben und in der Placenta vor. Das Blut ist glycogenfrei. In den Muskeln kommt es zu 0,3—0,4, selten zu 1, in der Leber bis zu 10 pCt. vor. Die absolute Glycogenmenge der Musculatur ist der der Leber ungefähr gleich (Böhm).

Darstellung des Glycogen. Da post mortem der Glycogengehalt in der Leber rasch sinkt und an Stelle des Glycogen Zucker tritt, so muss die Leber noch lebenswarm und so rasch als irgend möglich, also im Momente des Sterbens dem Thiere entnommen und zur Glycogendarstellung verwendet werden. Die Leber wird in kochendes Wasser gebracht, man kocht einmal auf, zerreibt dann die Leber im Mörser, legt sie wieder in kochendes Wasser und belässt sie längere Zeit daselbst, dann giesst man die trübe Brühe ab, kocht abermals, giesst die weiter sich bildende trübe Brühe ab, vereinigt beide Brühen, kühlt dieselben in Schnee oder Eis ab, setzt dann verdünnte Salzsäure, abwechselnd mit Jodquecksilberkalium zu, solange ein Niederschlag entsteht. Nun wird filtrirt, dann Alkohol zugesetzt zur Abscheidung des Glycogen; man filtrirt abermals und wäscht erst mit 60 pCt., dann mit 90 pCt. Alkohol aus; man löst das Glycogen nochmals auf, fällt es wieder mit Alkohol, dem etwas Ammoniak zugesetzt ist; dann löst man das Glycogen von Neuem auf und fällt es wieder mit Alkohol, dem etwas Eisessig zugesetzt ist.

Herkunft und Bildung des Glycogen. Da der Glycogengehalt der Leber

von der Art der Nahrung, von der Verdauung, von etwaigem Hunger etc abhängig ist, so ergiebt sich daraus, dass das Glycogen den Nährstoffen entstammt, welche von den Gefässen im Darmkanal resorbirt werden. Deshalb ist der Glycogengehalt der Leber am höchsten einige Stunden nach der Verdauung. Bei längerem Hungern mindert er sich nicht nur bedeutend, sondern er sinkt auf Null; dies geschieht rascher bei kleinen als grossen, rascher bei warm- als bei kaltblütigen Thieren. Kaninchen waren nach 4—8 Tagen, Hunde nach 2—3, Frösche nach 3—6 Wochen glycogenfrei. Die Frage, aus welchen Nährstoffen das Glycogen stamme, dürfte dahin zu beantworten sein, dass es seine Hauptquelle in den Kohlehydraten (dem Zucker) findet, dass es aber unter Umständen auch aus Eiweisskörpern und Leim resp. Pepton entstehen kann. Ob sich dasselbe auch aus Fetten bilden kann, ist fraglich. Sowohl bei alleiniger Zufuhr von stickstofffreier, als bei solcher von stickstoffhaltiger Nahrung bildet sich Glycogen (Naunyn, Wolffberg, Mering, Finn).

Der Glycogengehalt der Leber ist um so bedeutender, je lebhafter die Verdauung, je reichlicher die Ernährung und je grösser der Gehalt der Nahrung an Kohlehydraten ist. Bei Fütterung mit Kohlehydraten nimmt der Glycogengehalt der Leber zu; bei Kohlehydratentziehung soll der Glycogengehalt nach Tscherinoff, Pavy u. A. bald auf Null sinken; eine vielfach bestrittene Behauptung. Giebt man glycogenfreien Thieren Kohlehydrate, dann findet man nach einigen Stunden viel Glycogen in der Leber (Külz). Bei Zuckerinjectionen in das Blut (Schöpfer, Heidenhain, Pink) und in den Darm (Herrmann und Duck) nimmt der Glycogengehalt der Leber zu, und die glycogenfreie Leber wird glycogenhaltig.

Aus diesen Thatsachen, deren Richtigkeit allgemein anerkannt ist, ergiebt sich, dass in den Kohlehydraten eine Glycogenquelle zu suchen ist. Pavy, Girard u. A. behaupten, dass sich das Glycogen nur und allein aus Kohlehydraten bilde. Die Richtigkeit dieser aus den erwähnten Thatsachen gezogenen Schlussfolgerung wird vielfach bestritten. Man führt aus, dass in der Leber das Glycogen aus Eiweiss gebildet werde, dass es sich bei Kohlehydratnahrung anhäufe, während es bei Kohlehydrathunger verbraucht werde; die Kohlehydrate schützen also das Glycogen vor dem Zerfall (S. Weiss); sie sind Sparmittel für dasselbe. Deshalb wirkt Glycerin ebenso wie Kohlehydrate (S. Weiss), trotzdem es sofort zerstört wird und sonach kein Glycogen bilden kann (Scherewetjewski). Dass die Leber aus Eiweiss Glycogen bildet resp. bilden kann, ergiebt sich daraus, dass nach vorherigem Hungern bei reiner Eiweissnahrung (oder Leimnahrung, Woroschiloff) Glycogen in der Leber entsteht (Bernard, Hoppe-Seyler, Naunyn, C. Schmidt, Seegen) und zwar durch Abspaltung aus den Eiweisskörpern, resp. aus dem Pepton (Seegen). Diese Angabe wird von Luchsinger, Tscherinoff, Girard bestritten, welche constatirt haben wollen, dass bei reiner Fleisch- und Fettnahrung kein Glycogen in der Leber vorkomme. Für die Bildung des Glycogen aus Eiweiss spricht auch die Thatsache, dass bei Winterschläfern Glycogen entsteht (Aeby, Valentin, Cl. Bernard).

Cl. Bernard glaubte, dass die Eiweisskörper in der Leber z. Th. zu Galle, z. Th. zu Glycogen würden. E. Pflüger glaubt, dass das Glycogen auf synthetischem Wege entstehe.

Der Glycogengehalt der Leber nimmt auch zu, wenn man den Thieren kohlen-

saures Ammon oder ähnliche Substanzen einverleibt (Röhmann). Aus den Ammonsalzen scheint sich neben Harnstoff auch Glycogen bilden zu können. Nach Salmon entsteht Glycogen auch aus Fetten und nach Heidenhain und Küthe auch aus Taurin und Glycin. Die Art der Arbeit der Leberzellen bei der Glycogenbildung ist unbekannt; es ist denkbar, dass sie das Glycogen direct aus den aufgenommenen Stoffen bilden; es ist aber auch möglich, dass Theile des organisirten Zellleibes in Glycogen umgesetzt und dann neu gebildet werden.

Nutzen des Glycogen. Das Glycogen ist das Arbeitsmaterial für die Muskeln und das Herz. Bei der Thätigkeit nimmt der Glycogengehalt der Muskeln rasch ab und sinkt bei der Erschöpfung auf Null; ebenso ist dies mit dem Glycogengehalt der Leber der Fall. Das Leberglycogen schwindet sogar rascher als das Muskelglycogen.

Das Glycogen stellt auch eine Wärmequelle für den Organismus dar. Bei Abkühlung der Thiere von aussen wird es lebhaft verbraucht, und seine Vorrathsmenge nimmt rasch ab. Bei Winterschläfern ist der Glycogenverbrauch ein sehr geringer (Schiff, Valentin, Aeby).

Das Glycogen scheint auch beim Aufbau der Gewebe, bei Bildung und Wachsthum der Organe eine wichtige Rolle zu spielen. Hierfür spricht das reichliche Vorkommen des Glycogen in den fötalen Geweben (und in den Leucocyten?) und namentlich in der Placenta, die bei den Föten in dieser Richtung die Leber zu vertreten scheint.

Steht der Glycogengehalt der Muskeln aber in Abhängigkeit von dem der Leber? Diese Frage wird vielfach verneint. Die Muskeln sollen dem Blute Amylaceen und Zucker entziehen und aus diesen Glycogen bilden. Hierfür spricht die Thatsache, dass in den Muskeln entleberter Frösche Glycogen entsteht, wenn man bei diesen Thieren Zucker in die Subcutis spritzt. Von anderen Seiten wird aber die genannte Abhängigkeit behauptet und die Leber als die Vorrathskammer für das Muskelglycogen angesehen. Während das Leberglycogen mit der Nahrung sehr wechselt, ist dies mit dem Muskelglycogen nicht der Fall. In den Muskeln ist oft noch Glycogen enthalten, wenn die Leber schon glycogenfrei ist.

Die Aufspeicherung von Glycogen in der Leber schützt vor schneller Zuckerausscheidung durch den Harn. Die Leber speichert also Kohlehydrate auf, die nach Bedarf verwendet werden. In der Glycogenbildung sehen wir einen Sparprocess des Organismus.

Erhöhte Zuckerzufuhr bedingt Zuckerausscheidung durch den Harn, weil dabei die Grenze für die Glycogenie überschritten wird (Quincke). — Die Glycogenie steht auch in Beziehungen zur Gallenausscheidung. Zurückhaltung der Galle in einem Leberabschnitte bedingt eine geringe Herabsetzung des Glycogen- und Zuckergehaltes der Leber (Dastre und Arthus).

Zuckerbildung in der Leber. In der Leber befindet sich nach meiner Ansicht und nach den Resultaten meiner Untersuchungen ein diastatisches Ferment. Den m. o. w. entgegenstehenden Anschauungen von Tiegel, Ritter, Schiff, Brücke, Wittich kann ich nicht zustimmen. Pavy giebt zu, dass in der Leber ein Ferment ist; er glaubt aber, dass dasselbe in der Leber unwirksam sei; er nimmt an, dass es von der Leber in geringen Mengen in das Blut gelange und im Körper etwas Glycogen in Zucker überführe.

Die Anschauung vieler Forscher, besonders aber die von Cl. Bernard, der zuerst constatirte, dass die todte Leber stets sehr viel Zucker enthält, geht dahin, dass die Leber während des Lebens fortwährend Glycogen in Zucker umwandelt, um letzteren dem Blute zur entsprechenden Verwendung zu übergeben. Mit dieser Anschauung deckt sich die Angabe, dass das Lebervenenblut mehr Zucker enthalte als das Blut der zuführenden Lebergefässe (Cl. Bernard).

Der letzteren Angabe Bernard's stimmen manche Forscher bei (Bleile, Seegen), während andere dieselbe verneinen (Pavy, Colin, Figuier, Longet, Bérard, Ritter). Die letzteren Forscher haben Recht, wenn es sich um gemischte oder Kohlehydratnahrung handelt. Bei reiner Fleischkost aber enthält die Pfortader keinen Zucker, wohl aber die Lebervene.

Pavy, Meissner, Ritter, Schiff betrachten die Zuckerbildung in der Leber als einen reinen postmortalen Process, etwa wie die Blutgerinnung. Sie bestreiten das Vorkommen von Zucker in der lebenden Leber. Andere (Bernard, Kühne, Funke, Külz, Seegen, Kratschmer, Tscherinoff) behaupten, dass auch die ganz frische, also auch die lebende Leber etwas, wenn auch wenig Zucker enthalte. Sie nehmen theilweise an, dass der in der Leber entstehende Zucker gewissermassen in statu nascenti die Leber verlasse, sodass dieselbe sonach stets nur sehr wenig Zucker enthalten könne.

Pavy betrachtet die Leber als Zuckervernichtungsorgan und glaubt, dass dieselbe aus Zucker Glycogen bilde (Seegen).

Seegen betrachtet die Zuckerbildung in der Leber als einen selbstständigen, von der Glycogenbildung unabhängigen Process. Der Zucker soll aus Pepton auf dem Wege der Abspaltung entstehen. Der nach Abspaltung des zuckerähnlichen Körpers verbleibende Rest des Pepton scheint zu Harnstoff zu werden. Seegen ist weiterhin der Meinung, dass auch die Fette und ihre Componenten von der Leber in Zucker umgewandelt werden.

Die Unabhängigkeit der Zuckerbildung von dem Glycogengehalt der Leber dürfte sich z. Th. dadurch beweisen lassen, dass die Leber 3 Tage nach dem Tode trotz der reichlichsten Zuckerbildung noch Glycogen enthält (Külz). Girard bestreitet Seegen's Theorien.

Die Bildung von Glycogen und Zucker, deren Aufspeicherung und Abgabe an das Blut steht unter der Herrschaft des Nervensystems und der Blutcirculation. Störungen in der Circulation können ebensowohl wie gewisse nervöse Störungen Meliturie hervorrufen.

Verletzungen der Medulla oblongata (Zuckerstich Bernard's), Durchschneidungen des Rückenmarks in verschiedenen Höhen (J. Mayer), Durchschneidungen grosser Nervenstämme (Schiff), Vergiftung mit Curare bei künstlicher Athmung (Bernard, Winogradoff), Injection grosser Mengen einer ClNalösung ins Blut und viele andere Momente rufen Diabetes mellitus hervor.

Ausser den gewöhnlichen Stoffen, die man in allen Organen findet, und ausser den Gallenbestandtheilen und dem Glycogen kommen in der Leber, abgesehen vom Eisen, welches sich daselbst reichlich findet, noch einige besondere Körper vor, so ein besonderes von Plosc entdecktes Eiweissnuclein, welches der Magensaft in Pepton und Nuclein

spaltet, das Jecorin (Drechsel) u. s. w. Leucin und Tyrosin findet man in der Leber nicht.

Bei der Leberthätigkeit steigert sich Blutgehalt und Temperatur der Leber (Bernard), das Lebervenenblut ist dann wärmer als das der Pfortader. Dabei enthält die Leber viel Kohlensäure, ein Product ihrer Thätigkeit.

5. Der Darmsaft.

Eigenschaften. Der Darmsaft reagirt alkalisch und enthält Mucin. Die übrigen Eigenschaften des Darmsaftes werden sehr verschieden geschildert.

Frerichs und Lehmann fanden den Darmsaft glasig, zähe, farblos, durchsichtig, alkalisch, Thiry: dünnflüssig, opalisirend, hellweingelb, frei von Mucin, specifisches Gewicht 1,0187 u. s. w.

Diese Verschiedenheit in den Angaben mag z. Th. in der Methode der Gewinnung begründet sein. Es ist schwer, einen reinen, normalen Darmsaft ohne alle Beimischungen (von Galle, Pancreassaft, Magensaft, Verdauungs- und Gährungsproducten etc.) zu gewinnen.

Der sogenannte Darmsaft ist vielfach (von Schmidt und Zander, Thiry, Leube, Lehmann u. s. w.) analysirt worden; Thiry fand 97,2—97,8 pCt. Wasser, 2,8—2,2 pCt. feste Stoffe und unter letzteren 0,7—1,2 Eiweiss und 0,7—0,9 pCt. Asche. Leube fand 0,8—2,7 pCt. Eiweiss, Quincke 1,34—1,45 pCt. und Frerichs 2,27 pCt., Lehmann 3,6—4,7 pCt. feste Stoffe mit 0,76—0,83 Asche (ohne Carbonate). Die Asche enthielt viel Cl und P, wenig S, kein Ca. Colin und Lassaigne fanden im Dünndarmsaft des Pferdes 98,1 pCt. Wasser, 0,45 Eiweiss und 1,45 Salze und im Duodenalsaft 98,47 Wasser, 0,95 Schleim und 0,58 Salze u. s. w. Der Dickdarmsaft ist nicht analysirt worden, weil bei der langsamen Secretion keine genügenden Mengen zu erhalten waren. — Wir haben von der Schleimhaut des Dünn- und Dickdarms Wasser- und andere Extracte hergestellt. Ihre Farbe war weisslich trübe, opalisirend; während das Extract des Duodenum dickflüssig und fadenziehend erschien, waren die Uebrigen dünnflüssig. Die Reaction des Duodenum- und Jejunumsaftes war schwach sauer, die der Uebrigen neutral.

Mucin und Eiweiss enthielten sämmtliche Extracte. Pepton fand sich spurweise im Duodenalextract, auch Hemialbumose; Spuren von letzterem Körper auch im Coecum- und Colonextracte. Zucker war nicht darin. Von den Salzen fanden sich: Chloride spurweise oder gar nicht, Sulfate sehr wenig, ebenso Phosphate, ein Zeichen, dass das Auswaschen der Schleimhäute gründlich geschehen und dass die in und an denselben vorhandenen anderen Secrete (Galle, Pancreassaft) und Verdauungsproducte möglichst entfernt waren.

Secretion. Der Darmsaft wird von den Darmwanddrüsen und dem Darmepithel, welch' letzteres Schleim producirt, geliefert. Die submucösen Drüsen (Brunner), die ein wässeriges, proteolytisches Secret (Krolow) liefern sollen, zeigen nach Hirt und Grützner ein ähnliches Verhalten der Drüsenzellen während Ruhe und Thätigkeit wie die Pylorusdrüsen des Magens; sie enthalten viel Pepsin, wenn ihre Zellen gross und hell sind und wenig, wenn sie klein und getrübt sind. Die Propriadrüsen

(Lieberkühn) lassen auch Ruhe- und Thätigkeitszustände an ihren Zellen erkennen. Sie sollen nach Heidenhain im Dünndarm ein wässeriges, im Dickdarm ein zäh-schleimiges Secret liefern, sodass die ersteren als Darmsaft-, die letzteren als Darmschleimdrüsen bezeichnet werden können. Im Dünndarm ist im Anfangstheile die Secretion träge und das Secret schleimig und epithelreich; in den anderen Abschnitten ist die Secretion lebhafter und das Secret weniger schleimig.

Der Darmschleim wird z. Th. von dem Oberflächenepithel, z. Th. vom Epithel der Drüsenausgänge und z. Th. von den eigentlichen Drüsenzellen producirt. Auch in dem Körper der Dünndarmdrüsen kommen

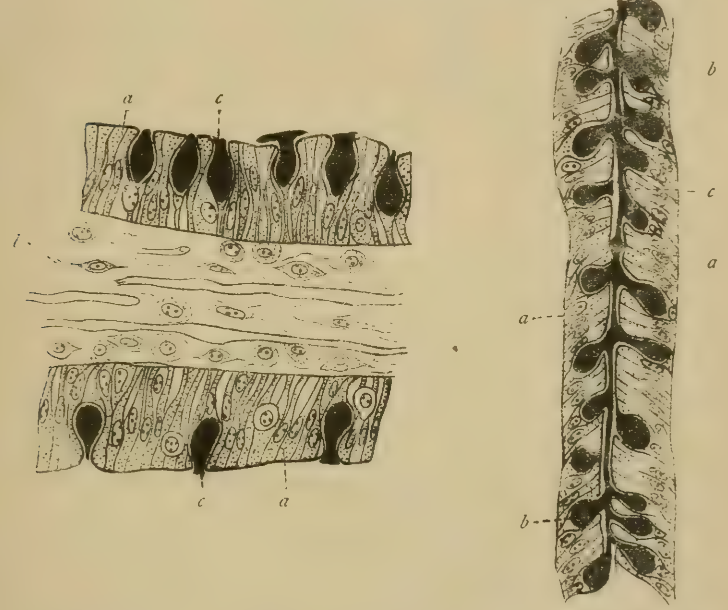


Fig. 48. Stück einer Darmzotte. *c*) Die Schleimpfröpfe der Becherzellen des Oberflächenepithels (Sussdorf).

Fig. 49. Lieberkühn'sche Drüse. *b*) Schleimpfröpfe der thätigen Zellen, *c*) Schleim im Drüsenlumen (Sussdorf).

schleimig metamorphosirte Zellen vor. Die Secretion des Schleimes erfolgt in der bekannten Art und Weise (s. Fig. 48 u. 49), sodass man an den Zellen den Ruhe-, Thätigkeits- und Erschöpfungszustand leicht feststellen kann. Die Epithelzelle wird bei der Schleimproduction zur Becherzelle, die aus einem protoplasmatischen Theile mit Kern und der Theca mit dem Secret besteht. Nun wird der Basalsaum abgehoben oder durchbrochen und das Secret in den Darm ergossen. Aus dem Rest der Becherzellen entwickelt sich wieder eine Epithelzelle. Zuweilen sollen die Zellen auch zu Grunde gehen und von den Ersatzzellen regenerirt werden.

Ueber die in einer bestimmten Zeit secernirten Darmsaftmengen liegen verschiedene

aber geringwerthige Angaben vor; aus einer 2 *m* langen Darmschlinge des Pferdes sammelte man z. B. in $^1/_2$ Stunde 80—120 *g* Saft.

Secretionsreize. Nerveneinfluss. Die Secretion des Darmsaftes kann durch verschiedene Reizungen der Schleimhaut, durch mechanische, chemische, thermische und electrische Reize angeregt resp. gesteigert werden. Am reichlichsten findet dieselbe nach Pilocarpininjection statt. Normaliter wird die Anregung durch die Nahrungsmittel gegeben. Im nüchternen Zustande wird nur wenig oder nichts secernirt (Thiry, Masloff); während der Verdauung erfolgt lebhafte Saftbildung. Letztere findet aber nicht sofort, sondern erst einige Zeit nach der Nahrungsaufnahme (Thiry) statt. Der Nerveneinfluss ist noch unbekannt.

Vagusreizung hat keinen Einfluss auf die Secretion (Thiry); die Exstirpation des Plexus coeliacus und mesentericus bewirkte gesteigerte Secretion (Budge, Lamansky). Ebenso bewirkte Durchschneidung der Nerven einzelner Darmschlingen erhöhte Saftbildung in den betreffenden Schlingen.

Manche Autoren bestreiten die Existenz des Darmsaftes und nehmen entweder an, dass die Darmdrüsen nur Schleim produciren, oder dass sie zur Resorption bestimmt seien (Klug, Korreck). Nach meiner Ansicht sind beide Anschauungen unrichtig.

Nachtrag I. **Der Abfluss der Verdauungssecrete.** Bei dem Erguss der Verdauungssecrete in den Verdauungsschlauch kommt bei allen das nachrückende Secret als treibende Kraft in erster Linie in Betracht; im Uebrigen liegen die Verhältnisse bei den einzelnen Secreten verschieden. 1. Die Bewegung des Speichels bewirken die um die Acini und die Gänge liegenden Muskelfasern, die beim Kauen und Schlingen erfolgenden Muskelcontractionen und die Kaubewegungen der Kiefer, welch' letztere die Gänge in Weite und Länge beeinflussen. 2. Bei dem Erguss des Pancreassaftes kommen wohl Saugwirkungen des Darmkanales, die Bewegungen der benachbarten Organe, die Grössenveränderungen der grossen Gefässstämme und dergl. in Betracht. 3. Das Ergiessen des Magen- und Darmsaftes bewirken die den Drüsen basal und mantelartig anliegenden Muskelfasern, die Bewegungen der Muscularis mucosae und die peristaltischen Bewegungen der Magendarmwand. 4. Bei dem Abfluss der Galle kommen in Betracht die mit den Darmcontractionen eintretenden, durch den Eintritt der Ingesta resp. des sauren Chymus in den Darm und die dadurch bedingte Reizung der Darmschleimhaut veranlassten Contractionen der glatten Musculatur der Gallengänge und der Gallenblase und die Bewegungen der benachbarten Theile, namentlich des Zwerchfells bei der Athmung und dergleichen. Die Wichtigkeit der Athembewegungen für den Gallenabfluss ergiebt sich aus vielen Thatsachen: Erbrechen, Defäcation, Drängen, Schreien steigert den Abfluss der Galle; verlangsamte Athmung (bei Vagussection) mindert denselben u. s. w. Die Wirkung der Athembewegungen besteht in der Compression der Leber durch die Inspirationsbewegungen des Zwerchfells, in der Beförderung des Blutstroms in den Venae hepaticae und in der Vena portarum.

Reizungen des Rückenmarks steigern anfänglich den Gallenabfluss dadurch, dass Contractionen der Muskulatur der Gallengänge, der Gallenblase und der Darmwand eintreten. Später mindert sich dieselbe wieder in Folge von Circulationsstörungen (Heidenhain, J. Munk).

Directe Reizung der Leber (Pflüger) und reflectorische Reizung des Rückenmarks (Röhrig) verlangsamen den Gallenausfluss; Zerstörung des Plexus hepaticus (Pflüger) und Verletzung des Bodens der 4. Hirnkammer sind ohne Einfluss.

Beim Pferde fliesst alle Galle direct in den Darm; bei den anderen Hausthieren passirt ein Theil derselben die Gallenblase. Diese scheint den Zweck zu haben, die Galle einige Zeit zu conserviren, dieselbe durch Wasserresorption einzudicken und ihren Schleimgehalt zu erhöhen und zwar bei solchen Thieren, bei denen grosse Intermissionen zwischen den Mahlzeiten vorkommen (Carnivoren).

Während der Verdauung fliesst die Hauptmasse der Galle direct in den Darm ab und es gelangt nur dann Galle in die Gallenblase, wenn dieselbe wenig gefüllt ist. Während der Abstinenz gelangt die Hauptmasse der secernirten Galle in die Blase und nur wenig in den Darm. Die in der Blase angesammelte Galle fliesst während der Verdauung mit der direct aus der Leber kommenden Galle in den Darm, ohne dass dabei aber die Blase jemals vollständig leer wird. Die Entleerung der Blase erfolgt durch Contraction ihrer Wand, durch Druck vom gefüllten Magen, vom erweiterten Dünndarm, vom Zwerchfell u. s. w. aus.

Die Ursache des Uebertritts (Rücktritts) der Galle in die Blase ist unbekannt (Contraction des Duodenum bei der Abstinenz, dadurch Zusammenpressen der Einmündung oder dadurch Contraction des Darmendes des Ductus choledochus?)

Die Einmündung des Gallenganges in den Darm liegt bei den meisten Thieren so weit vom Magen entfernt, dass die Galle nicht leicht in diesen übertreten kann. Bei denjenigen Thieren, bei denen sich die Einmündung sehr nahe am Magen befindet (Schwein), ist am Pylorus eine besondere Verschlussvorrichtung vorhanden, um den Eintritt der Galle in den Magen zu hindern.

Beim Hund, Schaf und Ziege vereinigen sich die Ausführungsgänge der Leber und des Pancreas, sodass Galle und Pancreassaft zusammen in den Darm einfliessen. Bei den Einhufern und der Katze mischen sich beide Flüssigkeiten im Vater'schen Divertikel; beim Rind und beim Schweine gelangen beide Flüssigkeiten getrennt von einander an ziemlich entfernten Stellen in den Darm.

Ein Rückfluss der Galle aus dem Darm in den Gallengang ist in Folge der schrägen Einmündung des letzteren, wegen des Walls des Divertikels u. s. w., unmöglich.

Nachtrag 2. **Gewinnung der Verdauungssecrete.** 1. Den gemischten Speichel gewinnt man dadurch, dass man die Thiere auf unlöslichen Körpern kauen lässt oder durch Anwendung von Pilocarpin und Muscarin. Man fängt dabei den aus dem Munde oder einer Schlundfistel ausfliessenden Speichel auf. Wir fanden den aus dem Schlunde gewonnenen Speichel fermentreicher als den aus dem Munde abfliessenden und namentlich als den Pilocarpinspeichel.

Den Speichel der Parotis, Submaxillaris und bei den meisten Thieren auch den der Sublingualis kann man rein erhalten durch Anlegung von Fisteln an den ausführenden Gängen. Beim Menschen kann man den Parotidenspeichel auch ohne blutige Operation in der Weise gewinnen, dass man eine Kanüle vom Munde aus in den Stenson'schen Gang einlegt.

Die Secrete der kleinen Drüsen sind einzeln nicht zu gewinnen. Zum Studium derselben benutzt man Extracte dieser Drüsen, die mit Wasser, Glycerin, einer $^1/_2$ procentigen ClNa-Lösung und anderen geeigneten Flüssigkeiten hergestellt werden. Die Drüsenextracte lassen im Wesentlichen die Eigenschaften der Drüsensecrete erkennen, wie wir durch zahlreiche Versuche dargethan haben.

2. Die Gewinnung des Magensaftes. Die früheren Forscher (Spallanzani, Réaumur, Manasseïn, Tiedemann und Gmelin) verabreichten den hungernden Thieren Badeschwämme, die an einem Faden befestigt waren und nach einiger Zeit wieder aus dem Magen entfernt und ausgepresst wurden, oder sie gaben hungernden

Thieren Steine und andere unlösliche Körper, tödteten dann die Thiere und sammelten die im Magen vorhandene Flüssigkeit.

Seitdem aber Beaumont (und später C. Schmidt mit Grünwaldt und Schröter, Robertson, Kretschy, Uffelmann) Gelegenheit gehabt hatte, an einer natürlichen Magenfistel Untersuchungen über den Magensaft und die Magenverdauung anzustellen, wurde die Spallanzani'sche Methode verlassen und die natürliche und künstliche Magenfistel zur Gewinnung des Magensaftes benutzt. Die ersten künstlichen Magenfisteln wurden von Blondlot und fast gleichzeitig von Bassow 1842 und 1843 angelegt. Seit dieser Zeit ist die Gasterostomie eine allgemein geübte und gebräuchliche Operation (Bidder und Schmidt, Cl. Bernard, Bardeleben, Holmgren, Panum, C. Ludwig u. s. w.). — Die Gewinnung des Secretes einzelner Schleimhautabtheilungen des Magens geschieht durch Anlegung von Fisteln an isolirten Magenabschnitten (Heidenhain, Klemensiewicz).

In neuerer Zeit bedient man sich zur Gewinnung des menschlichen Magensaftes auch der Magensonde, des Magenhebers (Leube, Külz u. A.). Auch bei Thieren, die man längere Zeit hungern lässt und denen man dann unverdauliche Stoffe verabreicht, kann man die Sonde benutzen. — In allen diesen Fällen handelt es sich um Gewinnung des natürlichen, mit Speichel verunreinigten, also gemischten Magensaftes. Will man den Speichel ausschliessen, dann muss man den Schlund unterbinden.

Künstlicher Magensaft. Die Fermente des Magensaftes erhält man leicht durch Extraction der gut zerkleinerten frischen, oder luftgetrockneten oder in Alkohol gehärteten und dann getrockneten Magenschleimhaut mit Flüssigkeiten, in denen die Fermente löslich sind (Eberle, Schwann). Zusatz der nöthigen Säuremengen macht das unwirksame Extract zum wirksamen künstlichen Magensaft. — Die zu extrahirende Schleimhaut muss vor der Anwendung resp. vor dem Trocknen gründlich ab- und ausgewaschen werden und zwar so lange bis die saure Reaction ihrer Oberfläche verschwunden ist. Man nimmt zu den Extractionen die Fundusdrüsenschleimhaut eines beliebigen Säugethieres. Die Extraction kann mehrmals hintereinander geschehen. Wir fanden selbst das 8. Extract desselben Schleimhautstückes noch fermentreich

Als Extractionsflüssigkeiten verwendet man Wasser, Wasser mit einem antiseptischen Mittel (z. B. 0,2 pCt. Carbolwasser), Glycerin (v. Wittich), Glycerin mit Wasser, Glycerin mit Salzsäure, bei frischen wasserreichen Häuten 4 pro Mille, bei getrockneten 1—2 pro Mille), ClNa-Lösungen (0,6—1 pCt.), Wasser mit Salzsäure (Eberle), mit Salicyl- oder Ameisensäure (Erlenmeyer) u. s. w.

Das Trocknen der Schleimhaut an der Luft geschieht am besten in der Weise, dass die ausgewaschene, abpräparirte Schleimhaut mit der Submucosa auf Fliesspapier gelegt und im ausgespannten Zustande der Luft (am besten bei 30—40° C.) ausgesetzt wird.

Bei Behandeln mit Alkohol giesst man auf die in Stücke geschnittene Magenschleimhaut absoluten Alkohol, den man nach der Härtung abgiesst, worauf man die Stücke an der Luft trocknet. Diese trockenen Massen kann man pulverisiren und dann durch Gace durchbeuteln, um die groben Faserstränge zu entfernen.

Die Menge der anzuwendenden Extractionsflüssigkeiten ist verschieden. Bei frischen Schleimhäuten nimmt man so viel davon, dass die zerkleinerten Massen tüchtig durchfeuchtet sind und einen dicklichen Brei bilden. Bei getrockneten Häuten rechnet man auf 1 Theil Schleimhaut, 50—80 Gewichtstheile Glycerin etc.

Die Extractionszeit richtet sich nach der Natur der Flüssigkeit und der Beschaffenheit der Schleimhaut. Aus frischen Schleimhäuten erhält man bei Anwendung

wässeriger Flüssigkeiten schon nach sehr kurzer Zeit (wenigen Stunden) und zwar am schnellsten bei Bluttemperatur sehr wirksame Extracte. Bei Anwendung von Glycerin muss man 24 Stunden warten. Aus getrockneten Schleimhäuten erhält man bei Anwendung wässeriger Lösungsmittel nach 24—48 Stunden gute Extracte, während Glycerin erst nach einigen bis 8 Tagen gute Extracte liefert.

Nach der Extraction wird filtrirt. Die Wasser- und Salzsäureextracte sind nicht haltbar, die Glycerinextracte und die mit antiseptischen Lösungen hergestellten, lassen sich lange aufbewahren.

Die Extracte stellen Lösungen aller in den betreffenden Flüssigkeiten löslichen Bestandtheile der Magenschleimhaut, namentlich also der Verdauungsfermente, des Pepsin etc., die durch Alkohol in Verbindung mit einigen anderen Stoffen ausgefällt und dann trocken aufbewahrt werden können, dar. Diese Extracte sind aber noch nicht der künstliche Magensaft, sie enthalten die meisten Fermente noch im unwirksamen Zustande. Zu wirksamem Magensaft werden sie erst nach Zusatz derjenigen Säuremenge, welche erfahrungsgemäss im natürlichen Magensaft enthalten ist. Man verwendet gewöhnlich HCl. Zu einem Cubikcentimeter eines Glycerinextractes setzt man 10—20 *ccm* einer 0,2 pCt. HCl. Es kann aber auch Milchsäure (1—2 pCt.), Salpetersäure, Oxalsäure u. s. w. benutzt werden. Die todte Magenschleimhaut enthält nur wenig Säure (0,01—0,036—0,07 pCt., Ellenberger und Hofmeister) und diese wird vor dem Extrahiren oder Trocknen durch Waschen entfernt.

Das Pepsin oder die Fermente überhaupt kann man durch Fällung mit Alkohol, oder mit Kohlenpulver, Cholesterin, Kalkwasser erhalten. Das aus den Magenextracten hergestellte Pepsin ist meist reiner als das aus natürlichem Magensafte gewonnene, weil in ersterem weniger fremde Beimengungen enthalten sind als in letzterem. Da durch die umständlichen Arten der Darstellung eines möglichst reinen Pepsins, wie sie von Brücke u. A. beschrieben und angewendet worden sind, dennoch kein reines Pepsin gewonnen werden kann, so verzichten wir auf deren Schilderung. Bei mehrmaliger Fällung mit Alkohol, Auswaschen und Filtriren erhält man ein durchaus brauchbares Pepsinpräparat, namentlich, wenn man zur Extraction Schleimhäute genommen hat, welche in Alkohol gehärtet und dann getrocknet worden waren. Die Extracte der in dieser Weise behandelten Schleimhäute sind verhältnissmässig reine Fermentlösungen. Aus diesen fällt man das Ferment aus und filtrirt; den Rückstand löst man eventuell abermals in Wasser auf, fällt nochmals mit Alkohol aus und filtrirt abermals unter Waschen mit Alkohol; diese Procedur kann nach Bedarf nochmals wiederholt werden.

Das Pepsin kann im getrockneten und gefrorenen Zustande, in Glycerin- und antiseptischen Lösungen, unter Alkohol, bei Fällung durch Metallsalze u. s. w. lange Zeit aufbewahrt werden, ohne seine Verdauungskraft einzubüssen. Ueber diese Frage haben wir zahlreiche Versuche angestellt und können die vorstehenden Angaben bestätigen. Carbol- und Salicylsäure beeinträchtigen, in genügender Verdünnung angewendet, die Fermentwirkungen nicht.

Die wie beschrieben dargestellten Extracte, können, wenn man ganz frische, unabgewaschene Schleimhäute verwendet, auch zur Bestimmung des Mucin-, Säure-, Pepsin-, Hemipeptongehaltes etc. der Schleimhautregionen des Magens benutzt werden (Ellenberger und Hofmeister). Die Resultate der in dieser Beziehung von uns angestellten vielen Versuche sind an anderer Stelle kurz angegeben worden.

3. Der Darmsaft wird durch Anlegung von Fisteln an isolirte Darmschlingen oder durch Extraction der frischen oder der gehärteten, vorher aber gründlichst abgewaschenen und dann zerkleinerten Schleimhaut gewonnen.

Die Fistel wird in verschiedener Weise angelegt. Thiry schneidet zunächst ein 10—15 *cm* langes Darmstück quer ab; er bringt dann den übrigen Darm, nachdem er dessen Enden zusammengenäht hat, wieder in die Bauchhöhle zurück. Das isolirte, mit seinem unverletzten Gekröse noch verbundene Darmstück wird an einem Ende geschlossen und das andere Ende in die Bauchwunde eingeheilt. —

Die gewöhnlichen Darmfisteln, die nicht an isolirten Darmschlingen angelegt werden, liefern ein unreines Gemisch aus Galle, Pancreassaft, Darmsaft u. s. w.

Bei den Extractionen ist wesentlich das gründliche Auswaschen der Schleimhaut, um die Galle und den Pancreassaft zu entfernen. Wir haben so lange ausgewaschen, bis das Auswaschwasser keine oder nur noch eine minimale Chlorreaction gab; dann wurde die Schleimhaut frisch extrahirt oder gut getrocknet, dann zerkleinert und 8—10 Tage lang in Glycerin zum Extrahiren eingelegt.

4. Die Galle erhält man durch Anlegung von Fisteln an die Gallengänge oder an die Gallenblase (Schwann, Blondlot, Bidder und Schmidt, Heidenhain, Schiff u. A.) oder durch die Entleerung der Gallenblase frisch getödteter Thiere. Die Leberfermente kann man auch durch Extraction der Leber darstellen. Die Leber wird möglichst frisch, noch blutwarm in Alkohol geworfen, unter Alkohol zerkleinert, dann getrocknet und durchgebeutelt. Das erhaltene Leberpulver wird mit Glycerin oder einer anderen Flüssigkeit extrahirt. Das Extract, weil es zuckerhaltig ist, abermals mit Alkohol behandelt, der Niederschlag nochmals extrahirt u. s. w. Das Verfahren wird so lange fortgesetzt, bis das Extract zuckerfrei ist.

5. Den Pancreassaft gewinnt man entweder durch Anlegung von Fisteln Graaf (Hund), Leuret und Lassaigne (Pferd), Tiedemann und Gmelin (Schaf), Cl. Bernard (Hund), Colin (Rind, Pferd, Schaf u. s. w.), Heidenhain u. A. oder durch Herstellung von Extracten der frischen oder getrockneten oder mit Alkohol behandelten Pancreasdrüse. Die Extracte werden verschieden hergestellt; man kann Wasser, Glycerin, Wasser mit Soda, mit Kochsalz, mit antiseptischen Stoffen u. s. w. als Extractionsflüssigkeiten wählen. Im Allgemeinen gilt für diese Extractionen (Zeit der Extraction, Menge der Extractionsflüssigkeiten u. s. w.) das bei der Gewinnung des Magensaftes Angeführte.

Stutzer wendet folgendes Verfahren an:

Zu 1000 Theilen des mit Sand verriebenen, 24—36 Stunden der Luft ausgesetzten Pankreas setzt man 2 *l* Kalkwasser und 2 *l* Glycerin, specifisches Gewicht 1,23; lässt 4—6 Tage stehen, giesst das Unlösliche ab und filtrirt durch lockeres Filtrirpapier. Bei der Fermentwirkung kommt zum Pankreasfiltrat Soda und zwar auf 25 *ccm* Pankreasfiltrat 75 *ccm* Sodalösung und zwar so bemessen, dass die Flüssigkeit $^1/_4$ bis $^1/_2$ pCt. Soda (auf wasserfreies CO_3Na_2 berechnet) enthält.

Ein sehr wirksames, namentlich auf Spaltung der Fette wirkendes Pancreasextract erhält man nach Grützner dadurch, dass man das zur Extraction dienende Glycerin schwach alkalisch macht, auf 9 Theile Glycerin 1 Theil einer 1 procentigen Sodalösung setzt.

II. Die Einnahmen und Ausgaben des Blutes an gasförmigen Bestandtheilen.

Die Athmung oder Respiration.

Von

Dr. M. Sussdorf,
Professor in Stuttgart.

Die in den früheren Kapiteln enthaltenen Besprechungen des thierischen Stoffwechsels im Allgemeinen und der Blutgase insbesondere illustriren hinlänglich die Bedeutung des Sauerstoffes als des zur Deckung zahlreicher Ausgaben an Wärme und Auswurfsstoffen erforderlichen Oxydationsmittels. Sie legen dadurch auch das grosse Bedürfniss nach diesem nahe, ein Bedürfniss, welchem der Körper nur zum geringsten Theil durch den in den Nahrungsmitteln enthaltenen O gerecht werden kann. Der Bestand des Körpers fordert deshalb auch noch Aufnahme von gasförmigen O aus der Luft resp. dem Umgebungsmedium. Wie der Körper des freien O als Gas bedarf, so findet sich auch unter den von ihm gebildeten Schlacken eine gasförmige, die Kohlensäure, vor; ihrer muss sich der Körper ebenso gut, wie der festen und flüssigen Auswurfsstoffe zur Sicherung seiner Existenz entledigen. Das involvirt einen ständigen Gasaustausch, welcher O aus dem Umgebungsmedium in den Körper ein- und CO_2 aus diesem in jenes austreten lässt; man nennt diesen Gasaustausch zwischen Körper und Umgebungsmedium den Gaswechsel und den Vorgang, welcher ihn herbeiführt, die Athmung, respiratio.

In seinen gröberen Umrissen gestaltet sich der Gaswechsel so, dass das lebende Individuum durch das an seiner Oberfläche circulirende Blut dem Umgebungsmedium O entzieht, während es ihm gleichzeitig CO_2 überliefert — äussere Athmung als Gaswechsel zwischen dem Blute und dem Umgebungsmedium. Das dadurch O-reich und CO_2-arm gewordene Blut tritt von der Körperoberfläche in den Bahnen des Gefässsystemes zu den verschiedensten inneren Theilen des Organismus, von deren Capillaren aus es seinen O in die Gewebe übertreten lässt, um von diesen dafür die darin aufgespeicherte CO_2 zu empfangen —

innere oder Gewebsathmung als Gaswechsel zwischen dem Blute und den Geweben.

Wie die innere Athmung überall dort zu Stande kommt, wo überhaupt ein Stoffverkehr zwischen Blut und Geweben statthat, so wird sich auch die äussere Athmung allerwärts zwischen Körper und Umgebungsmedium vollziehen, wo dazu Gelegenheit geboten, d. h. wo noch eine Gasdiffusion durch die Grenzgewebe des Körpers möglich ist. Soweit eine solche zwischen dem unter der äusseren Körperoberfläche strömenden Blute und der Umgebung eintritt, nennt man sie Hautathmung; soweit sie zwischen dem Blute des Darmtraktus und der herabgeschluckten Luft Platz greift, heisst sie Darmathmung; soweit sie sich endlich zwischen dem Blute des diesem Zwecke speciell zugewiesenen Respirationsapparates und der darin circulirenden Luft abwickelt, wird sie Lungenathmung genannt.

I. Die innere oder Gewebsathmung.

Das Wesen der inneren oder Gewebsathmung und damit der Endzweck der gesammten Respiration ist die O-Aufnahme und CO_2-Abgabe seitens der Gewebe. Derselbe wird in der grossen Reihe thierischer Lebewesen zwar in verschiedener Weise, aber doch immer nach den gleichen Principien erzielt. Stets handelt es sich dabei um die Ermöglichung eines Diffusionsverkehrs zwischen dem O-reicheren Umgebungsmedium und dem O-ärmeren und CO_2-reicheren Geweben. Zwei Wege führen dazu: entweder sucht die Luft (resp. Umgebungsmedium) die Gewebe direct auf (Cuvier), oder sie bedient sich als Transportmittel der allgemeinen Ernährungsflüssigkeit (Blut).

Ein directer Verkehr des Umgebungsmediums und der Gewebselemente hat bei allen niederen Lebewesen statt, deren ganze Oberfläche den Gaswechsel vermittelt; und auch bei den mit einem Wassergefässsystem ausgestatteten Coelenteraten und den ein Tracheensystem besitzenden Arthropoden dringt das Athmungsmedium bis zu den Gewebsbestandtheilen direct vor. Eines eigentlichen Athmungsapparates entbehren also die genannten Thiergruppen. Bei allen übrigen Thierklassen ist der zweite Modus der Gewebsathmung vertreten. Die Ernährungsflüssigkeit entnimmt den erforderlichen O der Umgebung und überliefert ihn den Geweben, welche dafür die in ihnen entstandene CO_2 auswechseln.

Die Thatsächlichkeit eines derartigen Gaswechsels der Gewebe ist von vielen Seiten angefochten, von anderen mit triftigen Gründen belegt worden.

Die Vergleichung des arteriellen, in die Capillaren eintretenden Blutes mit dem aus denselben in die Venen übertretenden Fluidum hat zunächst den geringen O-Reichthum und grösseren CO_2-Gehalt des letzteren zur Evidenz festzustellen vermocht. Diese Ver-

änderungen im Gasgehalte des Blutes, wie sie danach innerhalb des Capillarsystems zweifellos zu Stande kommen, können auf 2 Vorgänge bezogen werden: entweder auf eine O-Consumtion und CO_2-Bildung innerhalb des Capillarblutes selbst oder auf einen Uebergang von O durch die dünnen Capillarwandungen in die Gewebe und umgekehrt von CO_2 aus diesen in das Blut.

Die erstere Möglichkeit wurde von C. Ludwig und seinen Schülern (1870) ins Auge gefasst. Er hielt die Spannungsdifferenz zwischen dem O des arteriellen Blutes und der Gewebe, sowie deren Absorptionsvermögen für O für zu gering, um in der kurzen Zeit des Capillarlaufes den Austausch zwischen den Blut- und Gewebsgasen zu veranlassen. Diese Befürchtung Ludwig's ist indessen durch die exacten Untersuchungen Pflüger's und Paul Bert's zurückgewiesen worden und es steht danach fest, dass hierin kein Grund für Ausschluss einer Gewebsathmung gesucht werden darf. Dagegen sind zahlreiche positive Beweise für deren Vorhandensein erbracht worden. Legt man z. B. frische Organstücken des eben getöteten Thieres in mit O gesättigtes defibrinirtes Blut ein, so nimmt dessen O-Gehalt schnell ab (Hoppe-Seyler); der O-Verbrauch ist dabei ein grösserer bei Körpertemperatur als bei niederer, bei + 40° C. erreicht er sein Maximum (Regnard); oder ersetzt man das Blut von Fröschen mit 0,75 pCt. Kochsalzlösung, so wird dadurch der O-Verbrauch und die CO_2-Production dieser eine Zeit lang noch fortvegetirenden »Salzfrösche« nicht wesentlich herabgemindert (Oertmann). Naturgemäss unterhält auch das Blut als eine mit belebten Gewebselementen ausgestattete Flüssigkeit O-Consumtion und CO_2-Bildung; es wurde schon früher darauf hingewiesen, dass Blut, welches längere Zeit bei Körpertemperatur gestanden hat, O-ärmer wird (Nawrocki, Sachs); ja diese O-Zehrung im Blute kann unter gewissen Umständen sehr schnell vor sich gehen (Pflüger, A. Schmidt); vielleicht ist daran der grössere oder geringere Gehalt des Blutes an reducirenden Substanzen schuld. Man bezieht gewöhnlich auch den grösseren CO_2-Reichthum in Gasen und Flüssigkeiten mancher Körperhöhlen und Hohlorgane als im Blute auf die CO_2-Bildung in den Geweben; Pflüger und Strassburg fanden z. B. die CO_2-Tension in der Galle = 50, im Harn = 68 und im arteriellen Blute nur = 21,28 *mm* Hg.

Für die intimen Beziehungen zwischen dem Gasgehalte des Blutes und der Gewebe spricht des weiteren ein Versuchsergebniss P. Bert's (1878), wonach die Muskeln eines Hundes, welcher in CO_2-freier Atmosphäre erstickt war, nach vorheriger Auflösung der ganzen Masse in Kalilauge und nachträglicher Auspumpung unter Mitwirkung von Säure nur 13,2 pCt. CO_2, dagegen diejenigen eines Thieres, welches in einer 34,1 pCt. CO_2 enthaltenden Atmosphäre erstickt war, 42 pCt. CO_2 lieferten.

Die Frage, in welcher Form die genannten Gase in den Geweben enthalten, ist noch nicht ganz befriedigend beantwortet worden. Wenn im Blute (s. pag. 206) der Nachweis activen Sauerstoffs intra vitam bisher noch nicht gelungen ist, so ist es trotzdem nicht unwahrscheinlich, dass solcher in den Geweben wirklich vorhanden; zum ersten geben viele Gewebe Ozonreactionen (Binz 1868) und des Weiteren treten freie O-Atome immer da auf, wo langsame Oxydationen statthaben. Nichtsdestoweniger will es Pflüger bedünken, dass nicht activer O das primum movens in der thierischen Oxydation darstelle, sondern dass dieses in dem lebenden Molecüle der Zell-

substanz gesucht werden muss. Das bestätigt der Versuch von Ludwig und Scheremetjewski, wonach das der Arterie entnommene Blut seinen Gasgehalt auf Zusatz von milchsaurem Natrium nicht wesentlich ändert, wohl aber beträchtliche Abnahme des O-Gehaltes und Zunahme des CO_2-Gehaltes erleidet, wenn es durch die Gefässe einer frisch ausgeschnittenen, »überlebenden« Niere geleitet wird. Für die Form, in welcher die Kohlensäure Bestandtheil der Gewebe ist, hält man sich an das Ergebniss der durch Auspumpen der Gewebe gewonnenen Gase, unter denen sie immer in reichster Menge enthalten; man vermuthet also, dass die CO_2 auch in freiem ungebundenem Zustande sich nicht nur im Gewebe befinde, sondern auch in das Blut übergehe; es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass bei der Mannigfaltigkeit der Stoffe, in welcher gebundene CO_2 auftreten kann, solche auch in das Blut gelangen, welche die CO_2 eben chemisch gebunden enthalten.

Der Vergleich arteriellen und venösen Blutes lehrt auch ein Minus an N in dem letzteren. Nach C. Ludwig beträgt der N-Gehalt des ersteren 1,60 Vol.-pCt., des venösen dagegen nur 1,37 pCt., nach Preyer 1,63 bezw. 1,01 Vol.-pCt. Das spricht für einen Uebertritt von gasförmigen N in die Gewebe, es entzieht sich vorerst noch unserer Einsicht, welche Bedeutung dieser N-Abgabe des Blutes an die Gewebe zuzuschreiben ist.

Die Grösse des Gaswechsels der Gewebe ist naturgemäss von der Grösse der darin ablaufenden Stoffwechselvorgänge überhaupt, also auch von ihrer Thätigkeit oder Unthätigkeit wesentlich abhängig. Ein angestrengt arbeitender Muskel nimmt mehr O auf und giebt mehr CO_2 ab, als ein ruhender; das Venenblut fliesst deshalb auch O-ärmer aus dem thätigen Muskel ab als aus dem ruhenden; an die Luftpumpe giebt der Muskel, zumal der thätige O überhaupt gar nicht ab, ein Beweis, dass derselbe den ihm überlassenen O sehr schnell consumirt. Grösserer O-Consum greift selbst in Organen Platz, deren Blut bei besonders lebhafter Thätigkeit noch hellroth abfliesst, wie in den Speicheldrüsen und Nieren, weil die Gesammtmenge des Blutes, welche während der Thätigkeit die fraglichen Organe durchströmt, weit grösser ist, als in der Ruhe, und somit die scheinbare Abnahme an CO_2-Production durch die Menge des durchfliessenden Blutes übercompensirt wird. An der gesammten Gewebsathmung participiren die verschiedenen Gewebe, wie leicht verständlich, in verschiedenem Maasse. Nach den Untersuchungen P. Bert's unterhält das Muskelgewebe unter allen Geweben den lebhaftesten Stoffwechsel. Wenn dagegen Lavoisier den Hauptherd für den O-Verbrauch und die CO_2-Bildung in die Lunge verlegte, so ist diese Anschauung nicht zutreffend; aber es kann keineswegs die Antheilnahme derselben an der O-Zehrung ausgeschlossen werden; das die überlebende, luftleere Lunge durchströmende Blut kehrt als venöses aus ihr zurück (Ludwig und Müller). Auch die Gefässwandungen vollführen Oxydationsvorgänge und veranlassen dadurch CO_2-Bildung; indess auf die Blutgasmischung in ihnen einen Einfluss zu äussern, sind dieselben zu gering; das Blut bietet daher in

den arteriellen Bahnen keine sichtbaren Veränderungen dar. Manche Organe haben augenscheinlich die Fähigkeit, den O durch längere Zeit (vielleicht in Form niedrigerer Oxydationsstufen?) in sich aufzuspeichern, um ihn in Zeiten der Noth in vermehrtem Maasse zur Deckung ihrer Bedürfnisse heranziehen zu können; die Aufspeicherung des O bei Winterschläfern (Regnault und Reiset, Valentin), bei der Abkühlung warmblütiger Thiere (Ludwig und Sanders-Ezn), die in der Muskelruhe hinter der O-Aufnahme zurückbleibende CO_2-Abgabe sind sprechende Belege hierfür. Ein bestimmtes Maass für die mittlere Grösse des Gaswechsels aller einzelnen Organe lässt sich trotzdem nicht erbringen; man muss sich deshalb für die innere Athmung des Gesammtorganismus überhaupt mit den Maassen bescheiden, welche durch Feststellung der Menge der durch die äussere Athmung gewechselten Gase unter verschiedenen Conditionen innerhalb gewisser Zeit erhalten werden (s. Chemismus der Lungenathmung).

Die Gesetze, nach denen die Gewebeathmung vor sich geht, fallen augenscheinlich mit denen zusammen, durch welche die äussere Athmung beherrscht wird. Die gleichen Umstände, welche den O der Luft in das Lungenblut und die CO_2 dieses in die Lungenluft übertreten lassen, sind die Grundursache des fraglichen Diffusionsverkehrs zwischen den Blut- und Gewebsgasen; in letzter Linie beruht derselbe hier wie dort auf einer Spannungsdifferenz im Partiärdruck der vorhandenen Gase. Diese Spannungsdifferenz ist sogar in den Capillargebieten des sogenannten Körperkreislaufes eine bedeutendere als in dem Lungenkreislaufe, weil die Parenchymsäfte so gut wie gar keinen O enthalten, während auch das venöse Blut der Lungenarterie noch immer 10 Vol.-pCt. O unter einem Partiärdruck von mindestens 20 *mm* Hg (Strassburg, Herter) beherbergt. Man würde deshalb schliessen können, dass die O-Abgabe seitens des Blutes an die Gewebe noch rapider vor sich gehen müsse, als die O-Aufnahme in den Lungen; ob dem so ist, steht dahin, da wie oben schon erwähnt, die Absorptionsbedingungen für den O in den Geweben weniger günstig sind, als in dem mit einem Körper ausgestatteten Blute, der O sehr gierig chemisch bindet: dem Haemoglobin.

In hohem Maasse fördernd auf die O-Abgabe seitens des Blutes an die Gewebe soll nach Fleischl v. Marxow (1887) der Herzschlag wirken. Der O, welcher in der Lunge an das Haemoglobin gebunden, und durch den also das Blut in diesem Organe oxydirt wird, werde durch die stossende, »percutirende« Arbeit des Herzens aus seiner chemischen Bindung gelöst, das Blut damit »arterialisirt« d. h. in eine Form übergeführt, in welcher der O nicht mehr an den Farbstoff gebunden, sondern frei, der Flüssigkeit molecular beigemischt sei (Percussionstheorie des Herzschlages). Nur durch diese dissociirende Wirkung des Herzschlages soll das arterielle Blut zur Oxydation der Gewebe und so zur Unterhaltung des Lebens geeignet werden. Erst nach Passirung des Capillarsystems werde der Rest des im arteriellen Blute enthalten gewesenen O wieder an das Hb chemisch gebunden, das venöse Blut allein enthalte also den O an den Farbstoff chemisch gebunden. — Die an sich sehr fragwürdige Theorie ist von Zuntz (1888) einer kritischen Untersuchung

unterworfen und u. A. mit Rücksicht auf die Thatsächlichkeit der O-Abgabe an überlebende Organe bei Versuchen, in welchen diese von oxydirtem Blute ohne Mitwirkung eines Schüttelstosses gleichmässig durchströmt wurden, als hinfällig erwiesen worden.

Auch die CO_2-Abgabe seitens der Gewebe an das Blut begegnet wegen der grösseren CO_2-Spannung in jenen als im Blute günstigen Bedingungen. Es wurde schon oben darauf hingewiesen, dass der CO_2-Druck in dem arteriellen Blute nur etwa 21 *mm* Hg (Strassburg) gleichkommt, während er in Geweben und Gewebsflüssigkeiten beträchtlich grösser ist (gleich 50 *mm* Hg in der Galle, 68 *mm* Hg im sauren Harne, 58,5 *mm* Hg in der Darmhöhle etc.).

Auffallender Weise ist die CO_2-Spannung in der Lymphe des Ductus thoracicus des Hundes geringer (= 33,4—37,2 *mm* Hg), als im venösen Blute (= 41 *mm* Hg). Man wollte hieraus auf die Entstehung von CO_2 im Blute selbst schliessen und darin einen Beweis gegen die Existenz einer Betheiligung der Gewebe an den Verbrennungsprocessen erblicken. Es ist dem jedoch mit Recht entgegengehalten worden, dass die langsamer strömende Lymphe Gelegenheit findet, schon auf ihrem Wege zum Herzen CO_2 an umspülendes arterielles Blut, vielleicht auch an weniger damit beladene Gewebe abzugeben, und ferner, dass das Blut mehr befähigt ist, CO_2 zu absorbiren, als die Lymphe.

Die grosse Schnelligkeit, mit welcher die O-Zehrung und CO_2-Bildung seitens der Gewebe vor sich geht, illustrirt endlich die Thatsache sehr schön, dass trotzdem der jeweilige Gehalt des Gesammtblutes eines Pferdes an O nur etwa 7,5 *g*, an CO_2 etwa 30 *g* ausmacht, doch im Laufe von 24 Stunden 3720 *g* O aufgenommen und 4640 *g* CO_2 abgegeben werden. Es geht daraus hervor, dass in 24 Stunden der jeweilige O-Gehalt ca. 600 mal ersetzt, der jeweilige CO_2-Gehalt ca. 155 mal zur Ausscheidung gebracht werden muss.

II. Die äussere Athmung.

Die äussere Athmung ist nach der obigen Auseinandersetzung der Vorgang des Gaswechsels zwischen Blut und Umgebungsmedium. Ueberall dort, wo beide miteinander in einen die Diffusion zulassenden Contact treten, stellt er sich in einem, je nach den von den trennenden Grenzgeweben gesetzten Widerständen mehr oder minder lebhaften Grade ein. Es werden deshalb auf die Grösse dieser äusseren Athmung in erster Linie die Gesetze der Gasdiffusion durch thierische Membranen ihren Einfluss äussern. Sie sind es indessen nicht allein, welche den Gaswechsel beherrschen; die Lehre von den Gasen des Blutes zeigte schon, dass fast mehr noch, als sie, chemische Affinitäten zwischen den Bestandtheilen des Körpers und den hier in Betracht kommenden Gasen an dem Gasaustausch mitwirken.

Physicalisch-chemische Vorbemerkungen über den Gasaustausch zwischen Gasgemengen und gashaltigen Flüssigkeiten. Wenn gashaltige Räume mit einander in Verbindung gebracht werden, in welchen das gleiche Gas unter verschiedenem Drucke enthalten ist, so tritt sofort eine Strömung von Gas aus dem Raum der

höheren Gasspannung in denjenigen geringerer Tension ein, die solange anhält, bis in beiden Räumen der Gasdruck der gleiche, also bis die Spannungsdifferenz ausgeglichen ist. Sind die Gase verschiedener, aber gegen einander indifferenter Natur, sodass sie in keine Verbindung mit einander eintreten, so wird, auch wenn in beiden Gasbehältern der gleiche Druck herrscht, ein gegenseitiger Gasaustausch, Gasdiffussion erfolgen, welche erst dann ihr Ende erreicht, wenn in beiden Räumen die gleichen Gasgemische enthalten sind, sodass in jedem von ihnen jedes der in einander diffundirten Gase unter gleichem Drucke steht. Die gleiche Erscheinung ereignet sich auch dann noch, wenn die ursprünglich von einander getrennten Gase von Haus aus Gasgemische verschiedener Zusammensetzung und Mengenverhältnisse sind. Träten z. B. die Blutgase, ein Gemisch von etwa 3 pCt. N, 17 pCt. O und 80 pCt. CO_2, mit den Luftgasen, einem Gemische von ungefähr 79 pCt. N, 21 pCt. O und 0,03 pCt. CO_2, untereinander in Diffusionsverkehr, so würden N und O zu den Blutgasen und CO_2 zu den Luftgasen übergehen, bis in beiden Gemischen gleiche Mengen und damit gleiche Partiärdruckverhältnisse sich eingestellt haben.

Dieser Diffusionsverkehr hat auch dann noch statt, wenn die Gase durch permeable Scheidewände von einander getrennt sind; die Schnelligkeit des Gasausgleiches wird dadurch naturgemäss entsprechend alterirt. Je poröser die Membran, um so weniger Widerstand bietet sie dem Durchtritt, je dichter dieselbe, um so mehr erschwert sie ihn. Die gleiche Membran lässt leichtere Gase schneller diffundiren als schwerere; die Geschwindigkeiten, mit welchen verschiedene Gase unter übrigens gleichen Umständen (also unter demselben Drucke) durch ein und dieselbe poröse Membran in das Vacuum (also auch in einen Raum, welcher das betreffende Gas nicht, wohl aber andere Gase enthält) diffundiren, verhalten sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus den specifischen Gewichten der Gase (Graham). Wenn also 1 Vol. Luft in 1 Zeiteinheit (Geschwindigkeit = 1) durch die Scheidewand diffundirt, so thut dies 1 Vol. H in 0,263 Zeiteinheit (Geschwindigkeit = 3,8), 1 Vol. O in 1,053 Zeiteinheiten (Geschwindigkeit = 0,95) und 1 Vol. CO_2 in 1,236 Zeiteinheiten (Geschwindigkeit = 0,81).

Der respiratorische Gaswechsel im Thierkörper. Im thierischen Organismus kommt es nun zu einem freien Diffusionsverkehr von Gasen und Gasgemischen in dem angedeuteten Sinne nur in ganz beschränktem Umfange. Die in ihm enthaltenen Gase sind vorzugsweise Bestandtheile von Flüssigkeiten, in welchen sie theils chemisch gebunden, theils rein physikalisch absorbirt, also gelöst enthalten sind. Nach den in dem Capitel »Die Gase des Blutes« ausgeführten Gesetzen hat die Grösse des Gasdruckes grossen Einfluss ebensowohl auf die physikalische Absorption und chemische Bindung der Gase durch die in der Flüssigkeit gelösten Substanzen, wie auf die Entgasung und Dissociation solcher gashaltigen Fluida. Es wurde dort auseinandergesetzt, dass diese, mögen sie die Gase mechanisch oder chemisch in sich aufgenommen haben, dann gern dissociiren, wenn der Gasdruck nachlässt, unter welchem sie entstanden sind; ein solch verminderter Gasdruck wirkt naturgemäss auch durch die permeable Membran hindurch, und es ist deshalb verständlich, dass das Blut, welches bei entsprechend hoher CO_2-Tension in den Geweben dieses Gas in reichlicher Menge an sich gerissen hat, dasselbe dann wieder

abgiebt, wenn es mit der CO_2-armen Lungenluft in Berührung kommt, und geradeso muss es einleuchten, dass die Oxyhaemoglobin-Verbindung, welche in der Lunge unter relativ hohem O-Partiärdruck entstanden ist, innerhalb der Capillaren, wo sie mit den O-freien Gewebsflüssigkeiten in Stoffaustausch tritt, ihren O grossentheils verliert (vgl. pag. 188 u. 207).

Dass indessen vornehmlich die Entstehung, theilweis aber auch die Lösung der Gas-Verbindungen des Blutes nicht allein unter der Wirkung des Partiärdruckes der in Betracht kommenden Gase O und CO_2 stehen, sondern dass auch gewisse chemische Einflüsse etc. hierbei in Mitwirkung gezogen werden, das erhellt zur Genüge aus den Bemerkungen auf pag. 200 f. Führt ja doch selbst die Athmung in reinem O nicht viel mehr von diesem Gase in das Blut, als die Athmung atmosphärischer Luft — und ferner diejenige in Sperrräumen, in welchen das O-Quantum bis zum Eintritte des Erstickungstodes ganz erheblich abnimmt, trotz dieses Sinkens der O-Tension noch immer zur O-Aufnahme seitens des Blutes. Aber wenn auch die O-Aufnahme bei geringerer O-Tension z. B. in beträchtlichen Höhen über dem Meeresniveau quantitativ unverändert bleibt (Loth. Meyer, Fernet), so geht dieselbe doch nicht so schnell vor sich, wie bei höherem O-Partiärdruck. Darauf soll nach Setschenow der Tod der Luftschiffer Sivel und Crocé-Spinelli zurückzuführen sein, welcher bei einer Ascension bis zu einer Höhe eintrat, woselbst nur noch 260 *mm* Hg = $^1/_3$ Atmosphärendruck herrschte (8600 *m* über dem Meere) entsprechend einem O-Gehalte von 7,2 pCt. Und G. Hüfner ist nach seinen neuestens (1889) veröffentlichten Versuchen sogar der Anschauung, dass bereits bei einer Höhe von 5900 *m*, woselbst bei halbem Atmosphärendruck der Partialdruck des O unter 80 *mm* Hg beträgt, das Leben der Warmblüter unmöglich sei. Es ist ihm nämlich gelungen, nachzuweisen, dass die Dissociationsspannung des Oxyhaemoglobins bei Zunahme der Temperatur von 20° auf 39° C. bis über 70 *mm* Hg anwächst, dass also die Trennung des O vom Hb nicht erst, wie pag. 188 u. 207 für O-Hb-Lösungen von 15° C. angegeben wurde, erfolgt, wenn der O-Partiärdruck auf 20 bis 30 *mm* Hg herabgegangen ist, sondern schon dann, wenn er sogar noch auf 70 *mm* Hg sich beläuft. Dazu kommt, dass, wie schon Rohr (1886) fand, mit wachsender Concentration der Hb-Lösung die Gewichtseinheit Hb bei gleichbleibender O-Tension immer weniger von diesem Gase aufnimmt, und dass ferner nach Hüfner die von 8 pCt. auf 16 pCt. gesteigerte Concentration der Hb-Lösung von 39° C. eine noch höher liegende Dissociationsgrenze als jene aufzuweisen hat (= 75 *mm* Hg). Diese Thatsache ist für die Unmöglichkeit der Existenz auch von Vögeln, deren Hb-Gehalt ja sehr gross (= 16—18 pCt., s. pag. 194) und deren Blut sehr hoch temperirt ist (= 41—42° C., s. pag. 164) in einer Höhe von halbem O-Partiärdruck (s. o.) ausserordentlich bedeutungsvoll.

Für die O-Aufnahme bildet also die Affinität des Haemoglobins zu diesem Gase und die daraus entspringende chemische Bin-

dung das treibende Moment. Sie sichert dem Körper den für die Unterhaltung seines Chemismus erforderlichen Bedarf an oxydirender Substanz.

Anders scheinen zum Theil die Verhältnisse für die CO_2-Austreibung zu liegen. Es kann hierfür nach den bisherigen Untersuchungen keinem Zweifel begegnen, dass, da ein Theil der CO_2 rein mechanisch im Blute absorbirt ist (s. pag. 209), dieser mit Abnahme der CO_2-Tension in dessen Umgebung zum Austritt in einer der Spannungsdifferenz entsprechenden Menge veranlasst wird. Die CO_2-Spannung im venösen Blute beläuft sich nun nach Holmgren für den Hund durchschnittlich auf 30,6 *mm* Hg, im venösen Herzblute tracheotomirter Thiere nach Wolffberg auf 26,06 *mm* und nach Strassburg bei nicht tracheotomirten Thieren auf 41,04 *mm* Hg. Die CO_2-Tension der Alveolenluft dagegen ist von Wolffberg auf 27 *mm* Hg festgestellt worden (siehe unten). Daraus ergiebt sich, dass die CO_2-Spannung des Blutes derjenigen der Alveolarluft u. U. zwar gleichkommen kann, ihr in der Regel aber überlegen ist. So wird also in erster Linie dieser Spannungsunterschied die Triebkraft für den aus dem Blute in die Alveolarluft durch die Alveolenwand übertretenden CO_2-Strom abgeben. Obwohl für den concreten Fall an sich genügend, so können ihm doch noch andere Momente förderlich zur Seite treten. So wirken z. B. CO_2 verscheuchend gewisse Bestandtheile der farbigen Blutzellen mit (vgl. pag. 207 u. f.), und es hat weiter den Anschein, dass der gleichzeitige O-Eintritt in das Blut CO_2 entbindet; denn nach C. Ludwig und Holmgren ereignet sich die CO_2-Austreibung aus dem Blute leichter, wenn gleichzeitig O eingeführt wird, als bei anderen Proceduren der Entgasung, ein Beweis, dass hierdurch nicht blos die auspumpbare, sondern auch die fester chemisch gebundene CO_2 ausgestossen wird (C. Ludwig, Schöffer und Sczelkow). Die Existenz eines specifischen die CO_2-Ausstossung herbeiführenden Körpers als Bestandtheile des Lungengewebes anzunehmen, so wie dies Ludwig und J. J. Müller wollten, dazu liegt keine Veranlassung vor.

Danach sind es neben dem mechanisch wirkenden Spannungsunterschiede zwischen Blut und Luft auch chemische Kräfte, welche die CO_2-Austreibung bewerkstelligen.

Ihnen hat kürzlich Fleischl v. Marxow als ein den CO_2-Austritt besonders förderndes Moment die Erschütterung des Lungenblutes durch den Herzstoss hinzugefügt (Percussionstheorie). Durch ihn, den »Schüttelstoss«, werde eine Lockerung des Zusammenhanges zwischen Gas- und Flüssigkeitsmolecülen bedingt, welcher ähnlich, wie die Erschütterung einer gasreichen Flüssigkeit ein Austreten der Gase unter Schäumen bedingt, die Gasmolecüle leichter beweglich und abdunstbar mache. Zuntz weist die Zuhülfenahme einer derartigen Herzwirkung als überflüssig zurück, weil bei selbst geringeren Spannungsdifferenzen zwischen Blut- und Lungenluftgasen, als sie thatsächlich in der Lunge bestehen, mit Leichtigkeit so viel CO_2 entweichen kann, wie de facto aus dem Blute in die Lungenluft übertritt, und weil nach Strassburg's Versuchen das Blut peripherer, also vom Stoss nicht mehr be-

troffener, nicht »percutirter« Venen sein CO_2-Gas in der That ebenso leicht abgiebt, wie das percutirte Blut des rechten, resp. linken Herzens.

A. Die Lungenathmung.

Der Respirationsapparat ist speciell mit der Aufgabe der äusseren Athmung betraut. Die Organe desselben functioniren theils als Luftein- und ausleitende, theils als den Gasaustausch wirklich vermittelnde. Bei allen luftathmenden Wirbelthieren wird das eigentlich respirirende Organ durch die Lunge, bei den im Wasser lebenden durch die Kiemen repräsentirt. Der durch diese Organe unterhaltene Vorgang des Gaswechsels heisst deshalb auch Lungen- bezw. Kiemenathmung.

Die Physiologie bemüht sich nun zunächst, das Wesen und die Grösse des in der Lunge sich abspielenden Gasaustausches, also den Chemismus der Athmung, dann aber auch die Vorgänge, welche zu dem Ein- und Austritt der Luft führen, also die Mechanik der Athmung nach Zustandekommen, Gesetzmässigkeit, Rhythmus und ihren sonstigen Beziehungen kennen zu lernen.

I. Der Chemismus der Athmung.

Das Wesen der chemischen Processe, welche als Wechselwirkung zwischen Lungenblut und Lungenluft auftreten, besteht in einer seitens des Blutes gegenüber der Luft unterhaltenen O-Aufnahme und CO_2- (und N-)Abgabe, wobei gleichzeitig auch noch Wasser- und Wärmeausscheidung durch die Oberfläche des Respirationsapparates unterhalten wird.

Die Mittel zur Erlangung dieser Erkenntniss bieten uns 1. ein Vergleich der atmosphärischen Inspirations- mit der Exspirations- oder Ausathmungsluft, und 2. ein solcher des Blutes der Lungenarterie mit dem der Lungenvenen speciell in Hinsicht auf Gas- und Wassergehalt und Temperatur.

a) Die Exspirationsluft im Vergleich zur atmosphärischen Luft.

Methoden und Apparate zur Gewinnung der Exspirationsluft. 1. Die Gewinnung der ausgeathmeten Luft des Menschen begegnet keinen grossen Schwierigkeiten, wenn man die betreffende Person in einen Sammelbehälter ausathmen lässt, welchem die unter Verschluss der Nase nur durch den Mund exspirirte Luft mittelst eines Zuleitungsrohres übermittelt wird. Es dient diesem Zwecke α) Hutchinson's Spirometer (1846). Der Apparat (s. Fig. 50) besteht aus einer graduirten Glasglocke *A*, welche durch Gewichte über einer Rolle im Gleichgewichte erhalten wird, und weiter aus einem Wasserbehälter *B*, welcher weit genug ist, die Glasglocke in Wasser eintauchen zu lassen. In diese führt von unten her ein Rohr *C*, dessen äusseres aus *B* hervorragendes Ende durch einen mit Mundstück versehenen Schlauch mit dem Munde der Versuchsperson in Verbindung gebracht werden kann. Die Ausführung des Versuches verlangt vorherige Füllung des Wasserbehälters; jedes Einführen von Luft in das Mundstück und von da in die Glasglocke hebt dann diese empor;

die Menge der durch jeden Athemzug ausgestossenen Luft ist an der Graduirung volumetrisch leicht abzulesen; behufs chemisch-analytischer Untersuchung entnimmt man die Luft durch den Luftauslass *a* unter gleichzeitigem Herabsenken der Glasglocke in die Flüssigkeit, als welche zu diesem Zwecke zur Beschränkung der CO_2-Absorption statt des Wassers concentrirte Kochsalzlösung benutzt wird.

β) Da das Thier, selbst wenn es im Stande ist, Luft durch den Isthmus faucium dem Kehlkopfe zuzusenden, schwer nur veranlasst werden kann, allein in ein etwaiges Mundstück, oder wie ich es versucht habe, in einen Nasenansatz auszuathmen, so bedarf es anderer Vorrichtungen behufs Sammlung der Exspirationsluft. Man muss bei ihm zur Einführung der Trachealkanüle (*A* in Fig. 51) schreiten, welche, wenn die gesammte Exspirationsluft gesammelt werden soll, durch ein Luftgebläse d. h. durch eine an der Kanüle angebrachte, mit Luft bis zur Weite des Tracheallumens (durch *b*) aufzublasende Kautschuckblase (*B*) die Passage von Luft durch den Kehlkopf verhüten muss. Das Instrument, welches ich mehrfach zu dem fraglichen Zwecke in Anwendung gebracht habe, ist der Trendelenburg'sche Tracheotubus in den Maassen, wie sie von Möller für die Ausführung der Laryngofissur bei Roarern angegeben worden sind (vgl. Fig. 51). Die Verbindung zwischen den mit konischem Ende aus der Trachea hervorragenden Tracheotubus und dem Spirometer vermittelt eine Kautschuckröhre *D*, in welche eine Glasröhre *C* eingeschaltet ist, die vermöge der Functionirung des Ventils *c* den Durchlass nur in der von der Exspirationsluft eingehaltenen Richtung des Pfeiles gestattet; von ihr zweigt sich die in die Luft frei ausmündende Röhre *C'* ab, welche, dank dem Ventil *c'*, den Luftstrom nur in inspiratorischer also lungenwärts ziehender Richtung passiren lässt. Durch *D* wird die Luft in das Spirometer oder in eine Gasuhr übergeführt, wo ihr Gesammtvolumen gemessen werden kann. Durch *C'* wird die atmosphärische Luft eingeathmet. Auch Zuntz und Lehmann bedienten sich in ihren Versuchen einer ähnlichen Vorrichtung.]

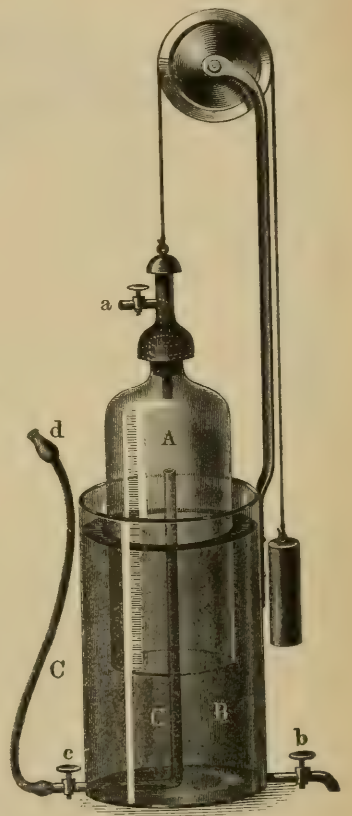


Fig. 50. Hutchinson's Spirometer in der Modification von Wintrich.

A graduirte Glasglocke, *a* deren Luftauslass, *B* Wasserbehälter mit Ausflussöffnung *b*, *C* Luftzuleitungsröhre mit Verschlussvorrichtung *c* und Mundstück *d*.

γ) Um die Alveolarluft selbst zu erhalten, hat Pflüger (1871) an Stelle des nur die Luftröhre betretenden Tracheotubus einen sonst durchaus ähnlich construirten und mit Gummiballon luftdicht in der eröffneten Trachea zu befestigenden Lungenkatheter angewendet, welcher bis in einen grösseren Bronchus herabgeführt wird. Durch Verbindung des äusseren Endes dieses Katheters mit der Quecksilbergaspumpe wird der dem fraglichen Bronchus zugehörige Lungentheil ausgesaugt.

2. Da nächst der Festellung der quantitativen Verhältnisse der Athemgase in der Exspirationsluft die Grösse des gesammten Gaswechsels, wie er seitens der äusseren und inneren Körperoberfläche unterhalten wird, interessiren musste, so sannen die Physiologen auf Mittel und Wege zur Feststellung des Gesammtquantums der von dem Organismus an die Atmosphäre in längerer Zeit abgegebenen Athemgase. Zu diesem Zwecke sind vorzugsweise 2 verschiedene Principien für die Construction der sogenannten Respirationsapparate aufgestellt worden: nach dem einen Princip führt man dem in einem hermetisch abgeschlossenen Raume untergebrachten Versuchsobjecte nur reinen O als Athmungsmedium zu, saugt die gebildete CO_2 fortwährend aus jenem ab — nach dem anderen wird der Versuchsraum, innerhalb dessen das Versuchsobject sich befindet, durch einen Luftstrom beständig ventilirt, dessen Grösse volumetrisch gemessen und dessen quantitative Zusammensetzung chemisch ermittelt wird.

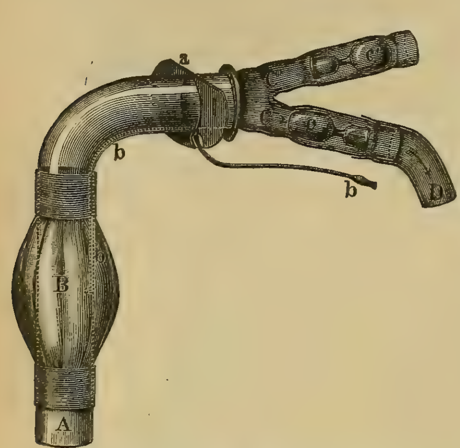


Fig. 51. Tracheotubus zur Sammlung der Exspirationsluft.

Von den zahlreichen Apparaten, welche diesem Zwecke dienen, können hier nur die folgenden zwei berücksichtigt werden, welche sich durch besondere Vollkommenheit auszeichnen:

α) Nach dem erstangedeuteten Princip ist der Respirationsapparat von Regnault und Reiset (1849) construirt. Das Versuchsthier befindet sich hierbei unter einer hermetisch abgeschlossenen Glasglocke (*A* in Fig. 52), in welche von oben her 4 Glasröhren führen. Zwei dieser Röhren, deren eine *c* nach dem Boden, deren andere *b* oben unter dem Hals der Glasglocke mündet, leiten das in dem Raume sich ansammelnde Gas in eine Gaspumpe *BB'*, welche mittelst ihres durch Gummischlauch *e* verbundenen, mit Kalilauge Zwecks Bindung der CO_2 theilweis gefüllten Gasballons durch wechselseitiges Heben und Senken das Gas des Athmungsraumes ansaugen. Bei Hebung von *B* nämlich läuft die Lauge in den sich gleichzeitig senkenden Ballon *B'* ab, während aus *A* durch *c* Gas angesaugt wird. Durch den Eintritt der Lauge in *B* ist dessen Gas einmal seiner CO_2 beraubt und dann der nicht von CO_2, sondern O hergestellte Rest durch *b* nach *A* zurückgedrängt worden. Wird darauf *B'* emporgehoben, so läuft seine Lauge nach *B* hinüber, aus *A* dringt durch *b* Gas nach, indessen das von CO_2 befreite Gas des Behälters *b* durch die eintretende Lauge mittelst *c* nach *A* zurückgedrängt wird, und so kann durch wechselweises Heben und Senken beider Gaspumpenballons der Versuch stundenlang fortgesetzt werden, vorausgesetzt, dass aus einem durch *a* mit *A* communicirenden O-Behälter so viel O nachgesandt, als consumirt wird, ein Quantum, welches durch zweckmässige Vorrichtung gemessen werden kann; der auf das Manometer *C* durch *d* wirkende Gasdruck in *A* giebt darüber Auskunft, ob Innen- und Atmosphärendruck sich, wie nothwendig, gleich erhalten. Die Menge der durch das Versuchsthier gebildeten CO_2 bestimmt die Gewichtszunahme der Ballons *B* und *B'* durch das unter Bindung der CO_2 gebildete Kaliumcarbonat.

β) Dem zweiten der oben aufgeführten Principien entspricht der Respirations-

apparat von v. Pettenkofer (1862). *A* in Fig. 53 ist der Recipient für das Versuchsobject; mit Hülfe einer Doppelsaugpumpe, die auf der Figur nicht wiedergegeben wurde, wird derselbe beständig ventilirt, indem sie mit entsprechender Geschwindigkeit arbeitend Luft fort und fort durch *A* in die damit verbundene Röhrenleitung *a b c d* hindurchsaugt; das Gesammtquantum der diese durchstreichenden Luft, welche übrigens in *B* einen sie mit Wasserdampf sättigenden Behälter mit Wasser durchtränkter Bimssteinstückchen passiren muss, wird mittelst der Gasuhr *C* genau gemessen. Von der Röhrenleitung *a b c d* begiebt sich eine Zweigleitung *e D E F f* nach der kleineren Gasuhr *G*, wo auch das Volumen der sie durchströmenden Luft festgestellt werden

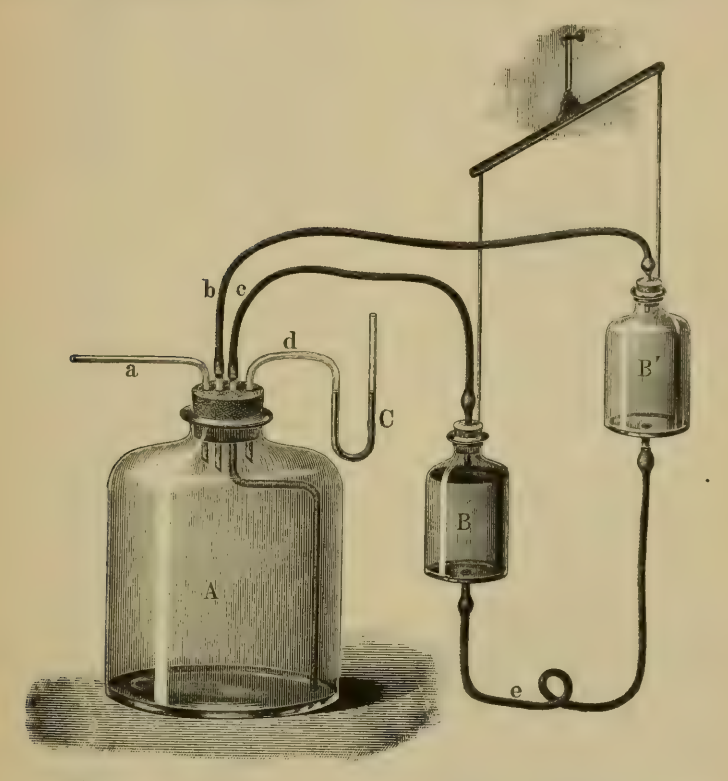


Fig. 52. »Respirationsapparat« von Regnault und Reiset.
Schematische Darstellung des Athemraumes *A* nebst der mit ihm communicirenden Gaspumpe *B B′* und dem Barometer *C* (der O-Behälter und sonstiger Zubehör sind weggelassen worden).

kann. Auf ihrem Wege passirt diese den mit Schwefelsäure gefüllten Kugelapparat; sie wird ihres Wasserdampfes beraubt, da die hygroskopische Schwefelsäure das Wasser gierig an sich reisst; die Gewichtszunahme, welche die genannte Säure dadurch erfährt, ist das Maass des in der Exspirationsluft enthalten gewesenen Wassers. Demnächst durchstreicht die zu untersuchende Luft die mit Barytwasser gefüllte Röhre *F*, welches die in ihr enthaltene CO_2 bindet; die Menge des entstandenen Baryumcarbonats resp. die Gewichtszunahme des Röhreninhaltes giebt die Quantität der der Luft entzogenen CO_2 an. Der in *G* übergeleitete Rest des in die Neben-

leitung eintretenden Gases wird alsdann allein auf O und N bezogen. In ähnlicher Weise wird durch die zweite Nebenleitung $gHJKh$ die atmosphärische Luft vor ihrem Eintritt in den Athmungsraum auf ihre Bestandtheile geprüft. Die in die

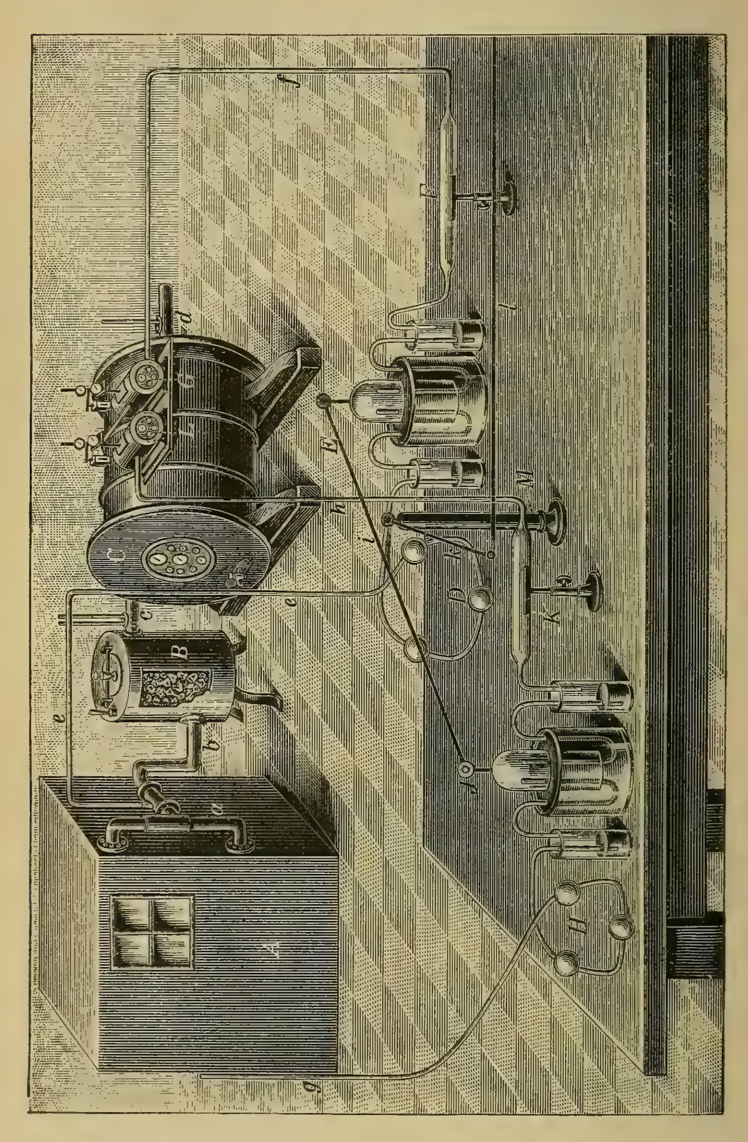


Fig 53. »Respirationsapparat« nach v. Pettenkofer. (Erklärung s. im Text.)

beiden Nebenleitungen eingeschalteten Müller'schen Quecksilberventile E und J haben den Zweck, den Luftstrom bei der mittelst der Pumpvorrichtung lMi bewirkten Luftansaugung nur in der angedeuteten Richtung gegen die Gasuhren hin durch die Leitungen passiren zu lassen.

Die **quantitative Untersuchung der In- und Exspirationsluft** befasst sich in 1. Linie mit der Menge des derselben beigemischten Wasserdampfes, weil dadurch gleichzeitig die Luft getrocknet und so zur CO_2-Bestimmung vorbereitet wird. Wie oben angedeutet, wird zu diesem Zwecke ein bekanntes Quantum derselben durch einen mit concentrirter Schwefelsäure gefüllten, genau abgewogenen Kugelapparat geleitet. Die daraus resultirende Gewichtszunahme desselben entspricht dem angezogenen Wasser, vorausgesetzt, dass kein Ammoniak in dieser Luft enthalten war, dessen Beseitigung vorgängig mit Aetzkali oder Aetzkalk vorgenommen werden müsste.

2. Die CO_2-Bestimmung beruht nach von Pettenkofer's Methode auf der Eigenschaft alkalischer Flüssigkeiten, wie des Baryt- und Kalkwassers, die CO_2 gierig zu absorbiren unter Bildung der betreffenden Carbonate; die Alkalescenz der benutzten Flüssigkeit wird dadurch naturgemäss geringer. War also vorher der Gehalt des zur Untersuchung dienenden Barytwassers an diesem Alkali durch Neutralisation mit Oxalsäurelösung festgestellt, so wird man nach erfolgter Luftdurchleitung aus dem Minus der jetzt zur Neutralisation erforderlichen Menge Oxalsäurelösung feststellen können, wie viel CO_2 bereits der Luft entzogen wurde, wenn man weiss, dass 1 *ccm* einer Lösung, welche in 1 *l* destillirten Wassers 2,8636 *g* crystallisirter, gut getrockneter Oxalsäure enthält, 1 *mg* CO_2-Aequivalent, d. h. zur Neutralisation der Barytlösung gleichwerthig ist. Würden z. B. vor der Durchleitung der Luft von dem Barytwasser 25 *ccm* Oxalsäurelösung zur Neutralisation in Anspruch genommen, und nach derselben nur noch 5 *ccm*, so entspricht das einem Quantum von 20 *mg* CO_2, welche während der Durchleitung in die Barytlösung eingetreten sind. — Man kann auch, nach der Liebig'schen Methode, um CO_2- und O-Bestimmung der betreffenden Luft sofort aneinander zu reihen, diese nach vorheriger Entwässerung in eine mit Hg gefüllte graduirte Eudiometer-Röhre bringen und ihr zunächst $^1/_{40}$ — $^1/_{30}$ ihres Volumens Kalilauge von 1,4 specifischem Gewichte (= 1 Theil trockenes Kalihydrat in 2 Theilen Wassers) zuführen; diese bindet bei raschem Auf- und Niederbewegen der Messröhre in dem Hg die CO_2, und das dadurch beseitigte Quantum wird durch eintretendes Hg ersetzt; das Eudiometer lässt dann volumetrisch den CO_2-Gehalt der betreffenden Luft ablesen.

3. Die nachfolgende O-Bestimmung erfordert die Einführung einer Lösung von Pyrogallussäure, welche in 5—6 *ccm* Wassers 1 *g* der Substanz enthält, in einer etwa der Hälfte der Kalilauge entsprechenden Menge. Die O-Absorption erfolgt ungemein schnell. Die Menge des für den verschwundenen O eintretenden Hg entspricht der O-Menge des untersuchten Gasgemisches.

4. Der Rest des geprüften Luftquantums ist auf die Menge des in ihm enthaltenen N zu beziehen, da für gewöhnlich gasförmige Beimischungen anderer Art in der Luft nicht vorkommen (vgl. übrigens unten unter Zusammensetzung der Exspirationsluft*).

Die **quantitative Zusammensetzung der atmosphärischen Luft**. Die atmosphärische Luft, das Respirationsmedium der Landbewohner, ist ein Gemenge aus freiem Stickstoff und Sauerstoff, dem verschwindend kleine Mengen Kohlensäure, und in sehr veränderlichem Maasse eventuell auch Ozon, Ammoniumverbindungen, Kohlenoxydgas, Kohlenwasserstoffgas und andere zufällige Verunreinigungen beigemischt sind.

---

*) Genauere Angaben hierüber findet man in dem trefflichen Lehrbuche der theoretischen und praktischen Chemie für Aerzte, Thierärzte und Apotheker von Prof. J. Feser in München. Berlin, A. Hirschwald, 1873.

Sie enthält endlich auch eine je nach den augenblicklichen Umständen differente Menge Wasserdampfes (Lavoisier 1774, Scheele 1777).

Die chemische Analyse ergiebt für 100 Volumina CO_2-freier Luft 79,07—79,2 Vol. = 76,87—77 Gew.-Theile Stickstoff und 20,8 bis 20,93 Vol. (mit Schwankungen von 20,53—21,01) = 23,02—3,13 Gew.-Theile Sauerstoff. Dieses Verhältniss von 4 : 1 erhält sich auf allen Punkten der Erdoberfläche, in allen Höhen und zu allen Jahres- und Tageszeiten fast gleichmässig. — Die Menge der in der Luft enthaltenen Kohlensäure schwankt unter Umständen in weiten Verhältnissen, da ihr Gehalt wesentlich von den in dem betreffenden Luftraum stattfindenden Verbrennungsvorgängen, den etwaigen Ausströmungen des Erdinnern, der Zahl der darin lebenden Thiere etc. abhängig ist; denn alle diese sind CO_2-Quellen für die Luft. Im Mittel jedoch findet man darin 0,02—0,06 und zwar meist 0,032—0,034 Raumtheile für 100 Vol. Land-, 0,03 Raumtheile für 100 Vol. Seeluft. Dieses Quantum kann bei Zusammenpferchung einer grossen Zahl von Thieren im geschlossenen Raume und etwaigen gleichzeitigen offenen Verbrennungsprocessen darin auf das 10fache = 0,3 Vol.-pCt. sich erheben; die Luft der Hundsgrotte zu Neapel, der Fuchsgrotte zu Pyrmont, des Giftthales auf Java ist weit reicher an diesem Gase und dadurch wegen dessen giftiger Wirkung irrespirabel. — Von den übrigen chemischen Bestandtheilen der Luft ist hier mit Rücksicht auf deren spärliches Vorkommen (1—43 Theile auf 1 000 000 Lufttheilchen) gänzlich abzusehen. — Dagegen ist der Gehalt der Luft an Wasserdampf von Interesse. Die Erfahrungen der Hygro- oder Psychrometrie (Feuchtigkeitsmessung) ergeben, dass der Wasserdampfgehalt ganz wesentlich abhängig ist von der Temperatur der Luft; kalte Luft nimmt weniger Wasserdampf in sich auf als warme Luft; bei einer Temperatur von — 10° C. beträgt dessen Quantum 2,7, bei 0° = 6,1, bei + 15° = 16,7 und bei + 30° = 41,5 Vol.-pCt.; bei plötzlicher Abkühlung einer solch gesättigten Luft erfolgt Verdichtung des bei der minderen Temperatur nicht aufnahmsfähigen Wasserdampfes in Form nasser Niederschläge. Auch die Windrichtung übt einen bedeutenden Einfluss auf den Gehalt der Luft an Wasserdampf aus, da die Südwestwinde sehr feucht, die Ostwinde dagegen viel trockener sind. Der in einer Luft unter diesen und jenen Umständen somit mögliche Wasserdampfgehalt wird jedoch fast nirgends ganz erreicht; der thatsächliche Wasserdampfgehalt bleibt vielmehr meist um 20—30—50 pCt. des möglichen zurück, beläuft sich also nur auf etwa 50—70—80 pCt. dieses. 100 Vol. Luft enthalten in der Regel ca. 0,840 Vol. Wasser oder 1000 *g* Luft ca. 6—8—10 *g* Wasser in Dampfform. Dieser Gehalt entspricht auch den Verhältnissen, unter welchen das Wohlbehagen am grössten ist; trockenere Luft reizt durch zu starke Flüssigkeitsentziehung die Respirationsorgane; feuchtere Luft beeinträchtigt die Wasserdampfabgabe der Körperoberfläche und erzeugt dadurch das Gefühl der Schwüle.

Zufällige Verunreinigungen der Luft, wie sie durch reichere Mengen von

NH_3, CO, CH_4 u. s. w. dargestellt werden, oder wie sie in der Luft als niederste Organismen und deren Keime, als Kohlenpartikelchen etc. jederzeit vertreten sind, sind wohl gelegentlich Ursache von Störungen des Wohlbefindens und Erkrankungen verschiedener Art (s. unter »Einfluss irrespirabler Gase«); auf den eigentlichen Athmungsprocess und das Wesen der Athmung aber vermögen sie, soweit sie nicht zu Vergiftungen Veranlassung geben, keinen directen Einfluss auszuüben.

Luftgehalt des Wassers. Das Absorptionsvermögen des Wassers für die Gase der atmosphärischen Luft macht auch dieses lufthaltig und dadurch fähig, den mit geeigneten Athmungsorganen (Kiemen) versehenen Thieren zum Aufenthaltsmedium zu dienen. Da aber die Luft nur ein Gemenge von Gasen und keine chemische Verbindung, so enthält mit Rücksicht auf den differenten Absorptionscoëfficienten des Wassers für die einzelnen Luftgase die in dasselbe absorbirte Luft 32,5 Vol.-pCt. O und 67,5 pCt. N. Die Menge der von dem Wasser aufgenommen Luft beträgt im Regen- und Schneewasser 3 Vol.-pCt., im Süsswasser 4,6 Vol.-pCt., im Meerwasser nur 2 Vol.-pCt.

Die qualitative und quantitative Zusammensetzung der Exspirationsluft. Die Gesammtheit der durch eine Exspiration ausgeathmeten Luft stammt nicht allein aus der Tiefe des Respirationsorganes, sie ist vielmehr ein Gemisch eines gewissen Antheils an Alveolarluft und eines solchen der in dem luftleitenden Apparate zurückgebliebenen Luft. Jene ist dem Gaswechsel in Folge der in dem Lungenparenchym gegebenen günstigeren Verhältnisse für den Gasaustausch in höherem Grade ausgesetzt gewesen als diese; jene wird deshalb ein grösseres Quantum der abgegebenen Blutgase führen, als diese. Die Zusammensetzung der Gesammtluft, wie sie aus dem Respirationsapparate zurückkehrt, wird somit schwanken, je nachdem ihr mehr oder weniger Alveolarluft beigemischt ist.

Zusammensetzung der Alveolarluft. Trotz zahlreicher Bemühungen, diese Differenz zwischen Alveolar- und Exspirationsluft festzustellen, wurden bis heute recht befriedigende Resultate nicht erzielt. Je tiefer ausgeathmet wird, eine um so grössere Menge Alveolenluft tritt in den exspirirten Luftstrom über, um so mehr wird also die erhaltene Exspirationsluft der Alveolenluft ähneln, wie dies thatsächlich auch Wolffberg (1871) u. A. nachgewiesen haben. Derselbe suchte weiterhin mittelst des Pflüger'schen Lungenkatheters Alveolenluft auch direct zu erhalten, indem er durch eine von der Trachea aus in einen Bronchus eingeführte Röhre mit Gummiballontamponade den jenem zugehörenden Lungenabschnitt absperrte und die darin enthaltene Luft nachfolgend mittelst eines die Axe jener durchsetzenden feineren Röhre in einen Behälter einsaugte, welcher vordem mit Quecksilber angefüllt durch Ausfliessenlassen dieses zum Saugapparat wurde. Er erhielt so in der abgesperrt gewesenen Luft ein Quantum von 3,2—3,8 pCt. CO_2, in der Exspirationsluft der Hunde dagegen nur 2,8 pCt. CO_2. — Auch Zuntz und Lehmann, welche neuestens (1889) die Exspirationsluft des Pferdes theils durch eine die Maul- und Nasenöffnung dicht umschliessende Maske, theils durch eine in die Trachea eingesetzte und diese gegen den Kehlkopf absolut abschliessende Trachealcanüle nach dem System Trendelenburg's gewannen, fanden verschiedene Werthe für beide Luftarten. Die erstere enthielt im Mittel neben 2,441 pCt. CO_2 noch 18,243 pCt. O und 79,287 pCt. N mit einem O-Deficit von 2,71 pCt.; die letztere führte dagegen neben 3,426 pCt. CO_2 nur noch 17,237 pCt. O und 79,306 pCt. N, bot also ein O-Deficit von 3,759 pCt. O für das ruhig athmende Pferd dar.

Zusammensetzung der exspirirten Gesammtluft. Die von

Valentin und Brunner für den erwachsenen Mann erzielten Resultate ergeben als Mittel von 34 Untersuchungen in der Exspirationsluft einen Gehalt von 79,587 pCt N, 16,033 pCt. O und 4,38 pCt. CO_2, diejenigen von Speck einen solchen von 79,49 pCt. N, 16,29 pCt. O und 4,21 pCt. CO_2; Zuntz und Lehmann finden in der mittelst der Maske beim Pferde aufgefangenen Exspirationsluft in einer Reihe von Untersuchungen am ruhenden Pferde 79,287 pCt. N, 18,243 pCt. O und 2,441 pCt. CO_2, dazu noch geringe Mengen (ca. 0,05 pCt.) CH_4 und H.

Ein Vergleich des O-Gehaltes der beiden uns hier interessirenden Luftarten mit 20,8—20,95 gegenüber 16,033 resp. 18,243 Vol.-pCt. O lässt ein nicht unbedeutendes O-Deficit in der exspirirten Luft erkennen. Dasselbe beträgt beim Menschen 4,78, beim ruhenden Pferde allerdings nur 2,71 pCt.; bei jenem wird also ca. $^1/_5$, bei diesem nur ca. $^1/_7$ des vorhandenen O-Quantums durch die Lungen consumirt.

Dem gegenüber weist die exspirirte Luft beim Menschen ein Quantum von 4,38 pCt., beim Pferde von 2,441 pCt. CO_2 auf, das entspricht einem Plus, welches beim Menschen das 110-, beim Pferde das 60—80fache des normalen CO_2-Gehaltes der Luft ausmacht.

Zwischen dem Plus der Exspirationsluft an CO_2 und dem Minus an O besteht nach Obigem keine volle Uebereinstimmung; der Körper nimmt mehr O auf, als er CO_2 abgiebt; daher kommt es, dass bei ruhiger Athmung der »respiratorische Quotient« $= \frac{CO_2}{O} < 1$ ist; er beträgt:

beim Menschen	= 0,906	beim Schafe	= 0,982
» Pferde	= 0,901—0,913	» Schweine	= 0,910
» Rinde	= 0,97	» Hunde	= 0,77
» Kalbe	= 0,862	» Katze	= 0,77

Auch der N-Gehalt der Exspirationsluft hat ein, wenn auch nur recht geringes Plus aufzuweisen. Nachdem schon Marchand (1848) auf diesen Umstand aufmerksam gemacht und Regnault und Reiset (1849) dessen Grösse bei regelrechter Ernährungsweise auf meist weniger als $^1/_{100}$ und jedenfalls nie über $^2/_{100}$ des Gewichtes des consumirten O festgestellt hatten, begründeten erst 1875 Seegen und Nowak durch die von ihnen wiederholte Beobachtung die Behauptung, dass entgegen der seit Lavoisier (1789) giltigen Anschauung, wonach aller N der im Körper zersetzten Proteïnsubstanzen durch Koth und Harn ausgeschieden werden solle, auch mit der Athmung ein nicht ganz unbedeutender Verlust des Körpers an N verbunden sei. Sie berechneten denselben z. B. für den Hund von 30 *kg* Gewicht in 24 Stunden auf 5,76 *g* = 4592 *ccm* = 4,6 *l* N. Diese, im concreten Falle einem Eiweissumsatz von 36 *g* oder Fleischumsatz von 155,5 *g* entsprechende Aufstellung wurde von v. Pettenkofer und Voit (1881) als auf »Versuchsfehlern« beruhend entschieden abgelehnt und von Leo thatsächlich grossentheils als die Folge des Contactes des Versuchsthieres mit der atmosphärischen Luft nachgewiesen. Wurde derselbe durch entsprechende Versuchsanordnung ausgeschlossen, so sank der durch die Athmung bedingte N-Verlust auf minimale Grössen herab. Und dass selbst dieser letztere nicht auf Spaltungsprocesse der Eiweisssubstanzen zurückgeführt werden darf, ist aus den Untersuchungen Gruber's (1883) zu entnehmen, wonach bei Erhaltung vollen Stoff-

wechselgleichgewichtes die im Harn und Koth ausgestossene N-Menge sich mit derjenigen der in der Nahrung enthaltenen Einnahmen durchaus an N deckt. Wenn man also als Quelle des in der Exspirationsluft enthaltenen N-Ueberschusses die Exhalation des aus den Eiweisskörpern abgespaltenen N nicht acceptiren will, so wird man hierfür entweder die in den Geweben aufgespeicherte, also als Gas absorbirte N-Menge oder die Zersetzung und Reduction etwa in den Körper gelangter Nitrate in Anspruch nehmen müssen. Für die erstere Abstammungsart treten v. Pettenkofer und Voit ein, für die letztere spricht besonders der Versuch von Zuntz und Tacke (1886), wonach das N-Plus in der Exspirations- gegenüber der Inspirationsluft parallel mit der künstlichen Zufuhr von Ammoniumnitrit und Nitrat steigt und sinkt.

Die Exspirationsluft enthält auch geringe Quantitäten brennbarer Gase wie H und CH_4. Dieselben erfahren aber jedenfalls keine wesentliche Zunahme im Respirationstracte. Zuntz und Lehmann fanden in der ausgeathmeten Luft 0,013 Vol.-pCt. H und 0,038 Vol.-pCt. CH_4. Für die Athmung erlangen sie als indifferente Gase keine Bedeutung, auch für die Stoffwechselbilanzberechnungen sind sie fast belanglos. Dieselben nehmen ihren Ursprung von Zersetzungsprocessen im Darmtractus, werden von dessen Blut energisch absorbirt und dann mittelst der Lungen exhalirt; nur ein kleiner Bruchtheil derselben wird durch den After ausgestossen (Tacke 1884).

Auch geringe Mengen von Ammoniak sind der Exspirationsluft beigemengt; dasselbe dürfte dem Blute entstammen.

Dagegen haben in der neuesten Zeit eine Anzahl ihrer chemischen Natur nach noch so gut wie unbekannter Stoffe Aufsehen erregt, welche man mit Rücksicht auf die Schädigungen, die sie bei den sie einathmenden oder im Condensationswasser der Ausathmungsluft eingespritzt erhaltenden Thieren hervorrufen, Toxine d. h. Giftstoffe genannt hat. Obwohl das Vorhandensein solcher schon früher vermuthet wurde, so haben sie doch erst Seegen und Nowak (1879) in ihren Respirationsversuchen richtig würdigen gelernt. Dieselben machten die Beobachtung, dass ihre Versuchsthiere, welche länger als 24 Stunden in dem Athmungsraume ihres »Respirationsapparates« weilten, krank wurden, trotzdem die Anhäufung der CO_2 den Procentsatz der Gesammtluft nicht erreichte, welcher nachweislich das Wohlbefinden zu beeinträchtigen vermag. Sie suchten dieselben deshalb im Versuchsraume zu verbrennen und erhielten so ihre Objecte gesund. Eingehender wurden danach in den Jahren 1887—1889 diese Stoffe durch Brown-Séquard und d'Arsonval studirt. Dieselben condensirten die Exspirationsluft gesunder Menschen und Thiere und erzielten sowohl mit intravenöser und subcutaner Injection von 2—4 *ccm* resp. 16 *ccm* per Kilogramm Thier bei Kaninchen, wie auch durch directe Ueberleitung der Luft des geschlossenen Athemraumes in denjenigen anderer Thiere bei diesen lähmungsartige Schwäche im Bereiche der willkürlichen Muskulatur, Rückgang der Athmung um $^1/_5$—$^1/_2$ der Norm und starke Erregung der Herzaktion; bei vielen unter ihren Versuchsthieren wirkte die Einspritzung resp. Einathmung innerhalb 12—24 Stunden resp. 2—7 Tagen tödtlich, ohne dass man in der letztangedeuteten Versuchsprocedur der CO_2 des Athmungsraumes die Schuld daran beimessen konnte. Sie vermuthen in dem fraglichen »Lungengifte« ein flüchtiges Alkaloid, das von Schwefelsäure gebunden und von Kalilauge und Barytwasser zerstört, dagegen durch Siedehitze nicht unwirksam gemacht wird. Während Dastre und Loye, sowie Béchamp den positiven Befund der genannten französischen Autoren bestätigen, erhielten v. Hoffmann-Wellenhof, Geyer und Ughetti mit Alonzo negative Resultate. Jedenfalls erblicken viele Hygieniker in diesem Lungengifte die Schädlichkeit der Luft eines stark besetzten,

ungenügend ventilirten Raumes, in welchem das Uebelbefinden schon beginnt, bevor die Menge vorhandener CO_2 hinreicht, um es zu veranlassen.

Eine wesentliche Abänderung erfährt die Luft während ihres Aufenthaltes im Respirationsapparate noch mit Rücksicht auf ihren Wassergehalt. Die Exspiratonsluft scheint bei ruhiger Athmung für ihre Temperatur mit Wasserdampf gesättigt zu sein. Das bedingt einen für den Körper um so beträchtlicheren Wasserverlust, als 1. die atmosphärische Luft nach den obigen Mittheilungen in der Regel um 20—30(—50) pCt. unter ihrem möglichen Wasserdampfgehalte zurückbleibt und als 2. die ausgeathmete Luft bedeutend höher temperirt ist, denn die Atmosphäre. Diese ergiebt nämlich in gemässigten Zonen ein Jahresmittel von ca. 8—12° C., jene besitzt eine Temperatur, welche nur wenig von der des Blutes verschieden ist (Lavoisier, Valentin). Bei einer Lufttemperatur von — 6,3° C. betrug dieselbe + 29,8° C., bei + 15—20° C. = 37,3° und bei + 41,9° = 38,1° C.; in den Tropen kommt es somit unter Umständen zu einer Abkühlung der Respirationsluft. Der dem Körper somit fort und fort erwachsende Wasserverlust vertheilt sich jedoch in verschiedenem Maasse auf dessen Excrete. Die Art der Nahrung und die Grösse und Beschaffenheit der Körperoberfläche übt hierauf einen eigenartigen Einfluss. Es sollen nach den vorliegenden Untersuchungen von dem den Körper überhaupt verlassenden Wasser

	dem Harne	der Gesammtathmung
bei dem Carnivoren (Hund) . . .	70 pCt.	30 pCt.
» » Omnivoren (Mensch) . . .	60 »	40 »
» » Herbivoren (Pferd) . . .	30 »	70 »

zufallen.

Nach den oben angeführten Differenzen im Gasgehalte zwischen der In- und Exspirationsluft müsste das Volumen der letzteren, gleiche Temperatur und gleichen Wassergehalt vorausgesetzt, um ca. $^1/_{40}$—$^1/_{50}$ kleiner sein, als das der Inspirationsluft (das O-Deficit beträgt in der ausgeathmeten Luft z. B. beim Pferde 2,71, das CO_2-Plus dagegen nur 2,4 Vol.-pCt.). Da indess die Exspirationsluft diese um Beträchtliches an Wärme und an Wasserdampfgehalt übertrifft, so wird jenes für die trockene und nicht höher erwärmte Luft supponirte Deficit nicht nur ausgeglichen, sondern sogar übercompensirt und deshalb das Volumen der exspirirten Luft um $^1/_9$ grösser gefunden, als das der Inspirationsluft.

b) Das Blut der Lungenarterie und der Lungenvenen.

Einen zuverlässigen, untrüglichen Einblick in das Wesen der Lungenathmung muss naturgemäss auch das Blut liefern, welches die Lunge durchströmt. Der blosse Zusammenhalt desjenigen der Lungenarterie mit dem der Lungenvenen lässt ersteres als »venöses«, letzteres als »arterielles« erkennen. Damit ist die Verschiedenheit in der Zusammensetzung des Blutes des rechten und linken Herzens wenigstens mit

Rücksicht auf den Gasgehalt charakterisirt, damit auch im Wesentlichen die Summe der Vorgänge, welche sich in der Lunge zwischen Blut und Luft abspielen. Das ankommende venöse Blut fliesst als arterielles wieder ab; das kann es nur durch Aufnahme von O und Abgabe von CO_2 bewerkstelligen. Die Zahlenwerthe, welche sich für den Gasgehalt des arteriellen und venösen Blutes ergeben (s. o. pag. 204f.), können hier ganz direct auch für das Wesen der äusseren Athmung herangezogen werden. Wir können annehmen, dass ungefähr so viel, als das Blut auf seinem Wege durch die Capillaren an O verliert (ca. 8,15 Vol.-pCt.) und an CO_2 empfängt (ca. 9,2 Vol.-Procent), so viel von ihm auch auf seinem Wege durch die Lungen mit der dort vorhandenen Luft ausgetauscht wird. Diese Differenz an CO_2 in dem aus der Lunge hinwegströmenden Blute bezieht sich übrigens nicht blos auf die in demselben einfach gelöste, sondern auch auf die chemisch gebundene CO_2 (Ludwig, Holmgren und Preyer).

Auch den N-Gehalt des Blutes soll in der Lunge eine Abänderung treffen. Entgegen der oben als thatsächlich hingestellten N-Zunahme der Exspirationsluft will von Jolyet, Bergonié und Sigalas neuestens (1887) eine Zunahme des N-Gehaltes des Blutes in der Lunge bei Hunden und eine Absorption von N aus der eingeathmeten Luft seitens des Menschen festgestellt worden sein. Der N-Gehalt des Blutes in der Lunge soll sich nach ihnen bei Hunden für 100 *ccm* Blut von 1,66 *ccm* auf 1,83 *ccm* steigern, das Plus sich also auf 0,17 pCt. d. i. ca. 10 pCt. des Vorhandenen belaufen.

Von den sonstigen Differenzen zwischen dem venösen Lungenarterien- und dem arteriellen Lungenvenenblute sind für das Wesen des Athmungsprocesses illustrirend eine Abnahme des Wassergehaltes und der Temperatur des die Lunge passirt habenden Blutes. Im Hinblick auf die Temperaturveränderungen des Pulmonalblutes ist zu beachten, dass während der Durchströmung 1. temperaturerhöhend wirken die O-Bindung seitens des Hämoglobins (Müller und Ludwig) und die in dem Lungenparenchym selbst statthabenden chemischen Umsetzungen — 2. temperaturmindernd die reichliche Wasserabdunstung und die Abkühlung durch die eingeathmete kühlere Luft.

In der Regel scheinen hierbei die temperaturerniedrigenden Momente zu überwiegen, weshalb das Blut des linken Herzens meist kühler gefunden wird als das des rechten (Autenrieth, Collard de Martigny und Malgaigne, Berger, Hering, Cl. Bernard, Koerner und Heidenhain u. A.); so ermittelte Berger (1833) für das Blut eines Hammels im rechten Herzen = 41,4° C., im linken Herzen = 40,9° C., Ed. Hering für das eines Kalbes mit Ektopia cordis an der Einstichöffnung des rechten Herzens = 31,5° R. (= 39,75° C.) und an einer solchen des linken Herzens = 31° R. (= 38,75° C.), Bernard, dann Koerner und Heidenhain mit Hilfe der thermoelektrischen Einrichtung im linken Herzen ein Minus von 0,1 bis 0,3° C. (zuweilen — 0,6° C.) bei Hunden etc. Dagegen finden Colin, Jacobson und Bernhardt, sowie Riegel eine höhere Temperatur für das Blut des linken als des rechten Ventrikels; Colin (1867), welcher wie Bernard, Thermometer durch

die Jugularvene in den rechten, durch die Carotis in den linken Ventrikel einführte, bemass für beide bei den verschiedensten Thieren 21 mal gleiche Wärmegrade, für das Blut des rechten Ventrikels 31 mal, für das des linken 50 mal um 0,1—0,2°, bei Hunden constant selbst um 0,7° C. höhere Temperaturen. Die letztgenannten drei Autoren stachen Thermonadeln in das linke und rechte Herz und ermittelten bei Kaninchen meist eine für das linke Herzblut in der Regel um 0,1—0,4° C. höhere Wärme. Diese Controversen in den bezüglichen Angaben lassen die Frage als noch unentschieden erachten. Die Zweifel an der Thatsächlichkeit einer Temperaturabnahme des Blutes innerhalb des respiratorischen Kreislaufes erscheinen um so berechtigter, wenn man mit Lombard (1868) bedenkt, dass die Luft schon auf ihrem Wege bis zu den Alveolen so weit vorgewärmt und mit Wasserdampf erfüllt wird, dass ein wirklich hervorragender Einfluss in der fraglichen Richtung von ihr auf das Capillarblut kaum mehr ausgeübt werden kann — und wenn man von Körner und Heidenhain erfährt, dass das Minus des linken Herzblutes bestehen blieb, wenn die Versuchsthiere mit gewärmter und von Wasserdampf gesättigter Luft ventilirt wurden.

In der practischen Medicin bedienen sich neuestens Kétli und Schuster der thermoelektrischen bezw. thermopalpatorischen Untersuchungsmethode an der Brust zur Feststellung der Wegsamkeit oder Unwegsamkeit der darunterliegenden Lungentheile, ausgehend von der Erfahrung, dass lufthaltige Lungentheile die betreffende Partie der Brustwand wärmer erscheinen lassen als luftleere resp. mit Exsudat gefüllte.

Die absolute Grösse des von der Lunge allein unterhaltenen Gaswechsels entzieht sich für die meisten unserer Thiere der genaueren Kenntniss. Es erklärt sich das aus der Schwierigkeit der Ausschaltung der durch die Haut und den Darm gelieferten Exhalationsproducte. Zuntz und Lehmann schätzen der letzteren Summe auf 1,25 pCt. des gesammten Gaswechsels für das Pferd, Séguin auf das Doppelte, Valentin auf das $1^1/_2$-Fache des Verlustes durch die Lungen beim Menschen. In den behufs Anstellung von Stoffwechselbilanzberechnungen ausgeführten Versuchen wird in der Regel der gesammte vom Körper unterhaltene Gaswechsel in Rechnung gezogen. Zuntz und Lehmann berücksichtigten in den ihrigen allein den Lungengaswechsel und stellten denselben für das Pferd auf 215 *ccm* O-Aufnahme, 196 *ccm* CO_2-Ausgabe p. 1 *kg* und 1^h, also auf 2 580 000 *ccm* = 3720 *g* O-Einnahme und 2 347 200 *ccm* = 4640 *g* CO_2-Verlust für ein 500 *kg* schweres Pferd im Laufe von 24 Stunden fest. Der Grösse des Gesammtgaswechsels und ihrer Abhängkeit von diversen Einflüssen wird unten ein besonderes Kapitel gewidmet werden.

Diffusionsströmungen innerhalb des Respirationsapparates selbst sind die naturgemässe Folge der verschiedenen Zusammensetzung der Luft in den einzelnen Abschnitten des Respirationsapparates. Es wurde oben bereits des Umstandes gedacht, dass der O-Gehalt der Athmungsluft am geringsten und umgekehrt der CO_2-Gehalt am grössten in der Tiefe des Respirationsapparates, in den Lungenalveolen ist. Der letztere kommt hier dem CO_2-Gehalt des Blutes sehr nahe. In den höheren Theilen jenes, der Luftröhre und der Rachenhöhle, nähert sich das Gasgemisch schon mehr der Beschaffenheit der atmosphärischen Luft; am nächsten steht dieser jedenfalls die Luft der Nasenhöhle, sie führt aber beim Menschen immer noch 0,631 Vol.-pCt. gegenüber einem Gehalte von 0,13 pCt. in der betreffenden Zimmerluft. Aber selbst ausserhalb derselben, in geringer Entfernung von der Nase ist der

CO_2-Gehalt der Luft noch nicht ganz der gleiche, wie in der Atmosphäre. So lehren z. B. die neuesten (1889) Untersuchungen in dem Würzburger physiologischen Institute, dass selbst in einem gut ventilirten Zimmer, dessen Luft 0,113 pCt. CO_2 enthält, in 1 *cm* Entfernung von der Nasenspitze die Einathmungsluft 0,261 pCt. CO_2, also etwa das $2^1/_2$fache Quantum des Gehaltes der Zimmerluft führt; nach dem Anzünden der Gasflammen, wodurch der allgemeine CO_2-Gehalt auf 0,433 pCt. gesteigert wird, wächst derjenige in der nächsten Umgebung der Nase auf 0,694 pCt. an.

Die geschilderte Verschiedenheit in der Zusammensetzung der einzelnen Luftschichten in den diversen Höhen des Respirationstractus veranlasst nach den Gesetzen der Gasdiffusion (s. S. 562) ein Strömen des O in der Richtung zur Lunge und der CO_2 in entgegengesetzter Richtung. Dasselbe ist augenscheinlich ausreichend zur Erzielung des erforderlichen Gaswechsels bei den Winterschläfern und während des Scheintodes, also in Lebensperioden, während deren die In- und Exspirationsbewegungen sistirt sind.

Die gleiche Differenz veranlasst des Weiteren einen geringeren CO_2-Gehalt der Exspirationsluft (3,7 Vol.-pCt.) in der ersten, einen grösseren (= 5.4 pCt.) in der zweiten Hälfte des exspiratorischen Luftstromes (Vierordt).

c) Der Einfluss qualitativer und quantitativer Abänderungen der Athmungsluft auf den Respirationsvorgang.

Es darf als eine durch zahlreiche Erfahrungen erhärtete Thatsache anerkannt werden, dass der Aufenthalt in Räumen, in welchen gleichzeitig bei schlechten Ventilationsvorrichtungen und ungenügenden Raumverhältnissen eine grössere Zahl von Individuen zu existiren gezwungen sind, ein unbehaglicher ist, indem durch ihn allerhand Beschwerden, wie Kopfweh, Schwindel, Schwerathmigkeit etc. erzeugt werden. Menschen und Thiere, welche in übergrosser Zahl in geschlossenem Raume eingesperrt wurden, wie dies in Gefängnissen, bei Eisenbahntransporten u. s. w. nicht selten vorkommt, erliegen sogar den durch diesen gemeinsamen Aufenthalt ausgesetzten Schädigungen.

Dieses schon öfters beobachtete Factum hat naturgemäss das Streben wachgerufen und unterhalten, die in der Gemeinsamkeit des Aufenthaltsraumes gelegenen Schädlichkeiten zu ergründen, und die Physiologen und Hygieniker zu einer sorgsamen Prüfung der Einwirkung der vom Körper selbst gelieferten Exhalationsproducte, wie etwa der Luft zufällig sich beimischender Gase auf das Wohlbefinden des Thierorganismus aufgefordert.

Die einzelnen Bestandtheile der Exspirationsluft in Bezug auf ihr Plus oder Minus in der Athmungsluft anlangend, so haben sich zunächst die brennbaren Gase, Wasserstoff und Grubengas auch in grösseren Quantitäten unschädlich erwiesen, wenn nur neben ihnen die nöthige O-Menge in der Atmosphäre gegeben ist (Lavoisier, Séguin u. A.). Längerer Aufenthalt in einem Raum, dessen N durch H fast ersetzt wurde, soll den O-Consum um 20 pCt. steigern (Regnault und Reiset, Pettenkofer).

Das Ammoniak (NH_3) gehört dagegen zu den nicht athembaren »irrespirablen« Gasen. Der Reiz, welchen es auf die sensiblen Nerven der Schleimhäute setzt, erzeugt auf reflectorischem Wege einen derartigen Stimmritzenkrampf, dass die Glottis gänz-

lich abgeschlossen wird und der Tod durch Erstickung erfolgt. Aber solch stürmische Erscheinungen, wie sie durch unvorsichtige Anwendung des belebenden Riechmittels bei epileptischen Anfällen und Blausäurevergiftung, sowie bei Einathmung zerbrochener Ammoniakbehälter als todbringende, als lebensgefährliche bei Einathmung des Gases in Eisfabriken de facto sich eingestellt haben, können erfahrungsgemäss von einer Atmosphäre nicht veranlasst werden, welche 0,0001—0,0007 Gew.-pCt. desselben führt — und höher steigt der Gehalt des NH_3 selbst auch in der verdorbensten Zimmerluft unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht. Wenngleich auch fortgesetzte Einathmung des Gases zu chronischen Erkrankungen (Bronchialkartarrhen, eigenthümlichen Augenentzündungen etc.) bei Arbeitern, Kloakenreinigern etc. führte, so waren die Quantitäten doch beträchtlich grössere, welchen diese Personen ständig ausgesetzt waren, als dies für das Lebewesen unter anderen, gewöhnlichen Verhältnissen der Fall zu sein pflegt. Nach den Untersuchungen Hirt's haben Kaninchen und Hunde tagelang die Einathmung eines Gasgemisches ertragen, welches neben dem erforderlichen O 10 pCt. reinen NH_3-Gases enthielt. Erst, wenn der Gehalt an solchem auf 20 pCt. anstieg, traten Reizungserscheinungen in verschiedenen Schleimhauttracten ein, aber ohne besonders heftig auf das Allgemeinbefinden der Thiere zu wirken. Bei unseren Hausthieren soll der längere Aufenthalt in einer Stallluft mit einem in Folge schlechter Ventilationsvorrichtungen auffallend hohen NH_3-Gehalte Entzündungen der Augenbindehaut, der Meibom'schen Drüsen, des Kehlkopfes und selbst der tieferen Luftwege hervorrufen.

Mit Rücksicht auf die in den Mengen, in welchen sie auch in der schlechtesten Luft enthalten sind, offenbare Unschädlichkeit der vorgenannten Gase für die sie einathmenden Individuen wurde auch die Wirkung des O-Mangels und der CO_2-Ueberhäufung in der Athmungsluft geprüft, um damit den Einfluss kennen zu lernen, welchen die ständig wachsende Verarmung an O und fortgehende Anhäufung der CO_2 als die Consequenz des Aufenthaltes von Thieren in »Sperrräumen« setzt.

Behufs Erzielung des gewünschten Resultates wurden 3 Wege eingeschlagen: 1. man stellte die Influenz des O-Mangels in der sonst normalen Athmungsluft fest, 2. man beobachtete Thiere während ihres Aufenthaltes in Sperrräumen unter verschiedenen Bedingungen, vor Allem dem Zusammenwirken von O-Mangel und CO_2-Ueberschuss, und 3. man studirte den Einfluss der CO_2-Anhäufung in der an O hinlänglich reichen Luft.

1. Wachsender O-Mangel in der Athmungsluft muss von gewissen Grenzen ab naturgemäss Schädigungen des Organismus nach sich ziehen. Die O-Aufnahme stellt, wie schon mehrfach abgehandelt wurde, keineswegs eine blosse, dem Drucke proportional vor sich gehende mechanische Absorption seitens des Blutes dar, sondern sie ist eine chemische Function des Haemoglobins. Das Blut bindet deshalb den O der Luft bis zur völligen Aufzehrung desselben, vorausgesetzt, dass die Menge der in dem das Thier bergenden Sperrraume sich ansammelnden CO_2 keine so beträchtliche Höhe erreicht, dass dadurch das Versuchsthier vergiftet wird (W. Müller). Nichtsdestoweniger führt eine bedeutendere O-Abnahme Gesundheitsstörungen herbei. Nach W. Müller, P. Bert, Friedländer und Herter lässt eine

Abnahme des Luftdruckes bis zu 410 *mm* Hg, welcher einem O-Gehalte von 11,3 pCt. entspricht, ernstliche Beschwerden auftreten; der Tod der Luftschiffer Sivel und Crocé-Spinelli (vgl. pag. 564) soll bei einem O-Gehalte von 7,2 pCt. eingetreten sein. Schwindel, Uebelkeit und Ohnmachtsgefühl stellten sich bei F. Leblanc ein, als der O der Luft in Bergwerken, in welchen durch Pyrite eine starke O-Absorption herbeigeführt wurde, auf ca. 10 pCt. herabgesunken war. Dagegen boten Kaninchen bei Einathmung von Luft, deren O-Gehalt um $^1/_3$ vermindert war, keine merklichen Störungen dar; bei einem Rückgange um $^2/_3$, d. i. auf 7,2 pCt. trat aber heftige Schwerathmigkeit ein; ein O-Gehalt der Athmungsluft von 2,7 pCt. tödtete sie in 20 Minuten (W. Müller, Regnault und Reiset).

Es mag sein, dass unter besonderen Umständen eine so weitgehende Reduction des O-Gehaltes der Athmungsluft bei Zusammenpferchung einer zu grossen Zahl lebender Individuen in gemeinsamem Raume zustande kommen kann und an dem Erstickungstode derselben Antheil hat; für die Schädlichkeit der verdorbenen Zimmerluft kann sie jedoch nicht verantwortlich gemacht werden, da sich deren Gehalt an O immer noch weit über jener untersten gefahrbringenden Grenze erhält.

2. Der Aufenthalt von Thieren in Sperrräumen d. h. in Räumen, welche gegen die Aussenwelt hermetisch abgeschlossen sind, hat für die darin aufgenommenen oder aus ihnen das erforderliche Athmungsgas beziehenden Individuen einen verschiedenen Einfluss je nach der Grösse des Behälters (W. Müller). Das Versuchsthier entzieht einem kleinen Behälter den O, anfangs langsam, dann schneller, bis auf den letzten Rest. Werden jedoch bei Aufenthalt in grösserem O-Behälter die sich ansammelnden CO_2-Mengen so reichlich, dass sie das Versuchsthier zu vergiften vermögen, so tritt durch CO_2-Intoxication der Tod ein, noch ehe das O-Gas aufgezehrt ist, ja eventuell schon bevor seine Menge auf Grössen zurückgegangen ist, welche dem höchsten O-Gehalte der Luft entsprechen. Hier kann, wie leicht verständlich, nicht der O-Mangel das todbringende Moment sein, sondern es ist der CO_2-Ueberschuss. Damit ist die Todesursache entweder O-Mangel oder CO_2-Reichthum der Athmungsluft oder es wirken beide zusammen.

3. Dass der CO_2-Ueberschuss auch in einer genügenden O führenden Luft lethal wirkt, ergiebt sich aus Versuchen, welche den Einfluss des CO_2-Reichthums in der Atmosphäre kennen zu lernen, sich zur Aufgabe machten. Der CO_2-Gehalt zwar, welcher selbst in der Luft schlechtest ventilirter Räume als höchster erreicht wird (0,1—0,8 Vol.-pCt. nach v. Pettenkofer), vermag danach keinerlei Schädigungen des wohners herbeizuführen. Selbst Luft mit einem auf 3—4 pCt. gesteigerten CO_2-Gehalte konnte nach Regnault und Reiset von ihren Versuchsthieren längere Zeit ohne Schaden ertragen werden, vorausgesetzt, dass die Ventilation des Athmungsraumes den Anforderungen an eine gute Lüftung entsprach. Erst bei weiter steigendem Gehalte der Luft an

diesem Gase traten merkliche Störungen im subjectiven Befinden der betreffenden Versuchsobjecte hervor. Ein CO_2 - Quantum von 10 pCt. (das Maximum der CO_2-Anhäufung in der durch gleichzeitigen Aufenthalt vieler Personen verdorbenen Luft [Allen]) erzeugt nach den ziemlich übereinstimmenden Angaben die Erscheinungen der CO_2-Intoxication, wie sie sich zunächst als Athmungsbeschwerden, abnorme Gefühlsempfindungen (wie Ohrensausen, Funkensehen), dann als psychische Aufregung, und im Anschluss an dieses Excitationsstadium durch Bewusstlosigkeit und Betäubung und gegen das Lebensende hin durch Convulsionen als Erstickungskrämpfe bekunden.

Demgegenüber erzählen neuestens (1889) Brown-Séquard und d'Arsonval, dass in ihren auf die Ursache der Gesundheitsschädlichkeit der Exspirationsluft gerichteten Experimenten Menschen, Hunde, Kaninchen und andere Säuger in einer sonst reinen, nicht mit thierischen Exhalationsproducten geschwängerten Luft eines auf 4—6 pCt. gebrachten CO_2-Gehaltes keinerlei Gesundheitsstörungen darboten, ja dass sie selbst 1—2 Stunden in einer reinen Luft ohne merkliche Krankheitssymptome existiren konnten, welche 20 pCt. CO_2 enthielt. Sie wollen sogar Hunde mehr als 12^{min} in einer Luft ungestraft haben belassen dürfen, welche ein Gemisch von 95 pCt. CO_2 und 5 pCt. O darstellte (?).

Nach all' diesen Erfahrungen darf es als ausgemacht gelten, dass die wirklich schädliche Substanz der Exspirationsluft, wie deren Annahme nach Obigem gerechtfertigt erscheint, weder in dem CO_2-Reichthum noch in dem O-Mangel derselben gesucht werden darf, sondern dass darin ein specifisches, seiner Natur nach noch unbekanntes Gift »Lungengift« enthalten ist (s. o. pag. 575).

Die Wirkung **fremdartiger Gase**, welche der Luft unter gewöhnlichen Verhältnissen, also nicht als Bestandtheile angehören, ist eine nach zwei Richtungen hin verschiedene. Als gemeinsame Eigenschaft theilen sie die Unfähigkeit, das Leben zu erhalten; Athmungs- resp. Lebensgas *κατ' ἐξοχήν* ist einzig der O. Aber von ihnen sind die einen mit der nöthigen O-Menge gemischt, unschädlich — indifferente Gase; die anderen dagegen selbst mit reichlichen Mengen O gemengt lebensgefährlich — differente Gase.

1. Indifferent und deshalb athembar sind nach dem Obigen N, H und CH_4; dieselben können weder den O aus dem Blute verdrängen noch sich an seine Stelle substituiren, obwohl sie den Athmungsvorgang in keiner Weise beeinträchtigen.

2. Differente Gase wirken entweder durch grössere Affinität zum Haemoglobin, dem O-Träger, oder durch O-Bindung (also Reduction), oder durch Haemoglobin- resp. Blutzersetzung giftig. Andere sind überhaupt irrespirabel, dringen also gar nicht bis zu der athmenden Oberfläche der Lunge vor, verhindern aber dadurch auch die atmosphärische Luft am Zutritt.

α) Durch grössere Affinität zum Haemoglobin, als sie dem O innewohnt, wirken giftig: 1') Das Kohlenoxydgas, CO (s. pag. 189). Dasselbe lässt den Körper durch O-Mangel zu Grunde gehen, indem es sich an die Stelle des O im O-Hb substituirt und gleichzeitig Narkose

erzeugt, — 2') das Stickoxyd (s. S. 189) — 3') das Cyanwasserstoffgas CNH (s. S. 189); es verbindet sich mit dem O-Hb und verhindert dadurch die O-Abgabe an die Gewebe; es sistirt also die Gewebsathmung (Ed. Wagner).

β) Dem Oxyhaemoglobin entziehen den O als reducirende Gase: 1') Schwefelwasserstoff, H_2S, das sich mit dem O des Blutes zu H_2O und S umsetzt (Hoppe-Seyler) — 2') Phosphorwasserstoffgas, PH_3, welches sich im Blute zu phosphoriger Säure und Wasser unter Hb-Zersetzung oxydirt — 3') Arsenwasserstoff, AsH_3, und Antimonwasserstoff, SbH_3, die sich im O-h-Blute wie PH_3 verhalten, aber ausserdem das Hb zur Ausscheidung bringen und dadurch Haemoglobinurie erzeugen — 4') Cyangas, C_2N_2, welches O entzieht und das Blut zersetzt (Rosenthal und Laschkewitsch).

γ) Narkotisch wirken: 1') CO_2 (s. S. 581) — 2') Stickoxydulgas, N_2O, das, mit 20 pCt. O vermischt, zur Erzeugung eines rauschähnlichen Zustandes (»Lachgas«, »Lustgas«) angewendet wird, während es allein eingeathmet in kurzer Zeit Schwerathmigkeit und den Tod durch Erstickung veranlasst — 3') Ozonisirte Luft, der Binz ebenfalls die Fähigkeit, nach bald vorübergehender erregender Wirkung kurz dauernden Schlaf hervorzubringen zuschreibt.

δ) Irrespirable Gase werden dadurch todbringend, dass sie bei ihrem Eintritt in den Kehlkopf reflektorisch Stimmritzenverschluss herbeiführen, um bei gewaltsamer Einbringung in die Luftwege durch Entzündungen und Schleimhautzerstörungen im Athmungstractus zu tödten. Hierher gehören: Chlorwasserstoffsäure ClH, Fluorwasserstoffsäure FlH, schweflige Säure SO_2, Stickstoffdioxyd N_2O_4, salpetrige Säure N_2O_3, Ammoniak NH_3, Chlor, Fluor, Jod, Brom, Ozon. —

II. Die Mechanik der Athmung.

Die Hauptaufgaben, welche an den Mechanismus der Athmung herantreten, sind: 1. Beschaffung einer möglichst grossen Berührungsfläche zwischen Luft und Blut zur Erzielung eines ausgiebigen Gasaustausches. 2. Ermöglichung einer zweckentsprechenden Lüftung oder Ventilation der Lunge durch Förderung des Wechsels der der Respiration dienenden Luft. 3. Nebenher gehen für den Respirationsapparat eine Anzahl untergeordneter Functionen, welche mit jenen zusammen demselben sein eigenartiges Gepräge aufdrücken (Stimmbildung etc.).

a) Die Berührungsfläche zwischen Luft und Blut.

Die möglichst innige Berührung der beiden mit einander in Gasaustausch tretenden Medien fordert α) eine grosse Berührungsfläche und β) das Vorhandensein einer gut durchlässigen Grenzhaut, einer leicht diffusiblen Scheidewand zwischen beiden.

α) Die Grösse der Oberfläche, welche die Lunge der Luft

darbietet, passt sich ganz wesentlich dem Athmungs- i. e. O-Bedürfniss des Thieres an. Die nur theilweis auf Lungenathmung angewiesenen Dipnoër oder Lungenfische z. B. haben ebenso wie viele Amphibien (Saurier, Batrachier u. s. w.) Lungen, welche nichts als blasenartige Säcke darstellen, deren innere Oberfläche der äusseren im Wesentlichen entspricht. Mit dem in der Reihe der Luftathmer fortschreitend sich mehrenden O-Bedürfniss wächst die innere Lungenoberfläche ansehnlich durch das Auftreten von Leisten und Septen, welche in den gemeinsamen Hohlraum vorspringen und ihn in zahlreiche Unterabtheilungen, Buchten, Lufträume zerlegen. Schliesslich nehmen die Lungen bei den Vögeln und Säugern vollkommen den Typus einer zusammengesetzt gebauten Drüse an, deren innere Oberfläche, ohne unverhältnissmässig starke Umfangsvermehrung für das Organ herbeizuführen, eine eminente Grösse dadurch erreicht hat, dass der ehedem einheitliche Raum in unzählige Hohlgänge getheilt ist, deren jeder von einer reichlichen Gruppe kleinster polygonaler bis sphärischer Bläschen mit 0,06—0,2 *mm* Durchmesser, der sogenannten »Lungenbläschen« oder »Alveolen«, umlagert ist. Jedes dieser Bläschen ist von einem dichten Netzwerk relativ weiter Capillaren dicht umsponnen, deren Gesammtheit etwa die Hälfte bis vier Fünftel der Lungenoberfläche deckt.

Die absolute Grösse der respiratorischen Oberfläche für den einzelnen Fall auszurechnen, dieser schwierigen Aufgabe unterzog sich Stephan Hales (1779) für das Kalb. Er giebt sie für dieses Thier auf 289 Quadratfuss = 32 *qm* an. Colin schätzt sie für das ausgewachsene Pferd auf das $5^1/_2$-Fache der Körperoberfläche; Marc Sée taxirt die Gesammtoberfläche der 809 500 000 Lungenbläschen des Menschen mit je 0,125 *qmm* Oberfläche auf 81 *qm* (genauer 101 *qm*), gleich einem quadratischen Felde mit 9—10 *m* Seitenlänge; das entspricht einem Verhältnisse der auf 1,5 *qm* angenommenen Hautoberfläche wie 54 (67) : 1; Zuntz berechnet dasselbe auf über 100 : 1, indem er die absolute Grösse der Lungenoberfläche mit ca. 90 *qm*, die der Körperoberfläche des Menschen mit 0,8—0,9 *qm* in Berechnung zieht. Die erstere Verhältnisszahl auf unsere Hausthiere übertragen, würde die Grösse der respiratorischen Lungenoberfläche für das Pferd und Rind auf ca. 300, für den Hund auf ca. 50, für die Katze auf ca. 12 *qm* (bezw. je $^1/_4$ der genannten Zahlen mehr) ergeben. Wenn auch diese Zahlen nur auf den Werth annähernder Schätzungen Anspruch machen können, so sind sie doch geeignet darzuthun, welche immense Oberflächenvergrösserung durch die angedeutete Einrichtung der Lunge herbeigeführt wird. Da nämlich die Gesammtcapacität der Pferdelunge etwa 40 *l* beträgt, welche in einem gemeinschaftlichen Raume z. B. einen Würfel von 50 *cm* Länge, 40 *cm* Höhe und 20 *cm* Breite eine Oberfläche von nur 0,76 *qm* repräsentiren, so steht dem hier selbst unter Benutzung der kleineren Maasse Colin's eine solche von 176 *qm* d. i. das mehr als 230-Fache jener gegenüber.

Bei den wasserathmenden Thieren wird die Vergrösserung der den Gasaustausch vermittelnden Oberfläche durch die Kiemen (Branchiae) bewerkstelligt; die gefässreiche, das Kiemengerüst bekleidende Schleimhaut, stellt eine grosse Menge falten- und zottenartiger Erhebungen her, an welchen das die O-Abgabe vermittelnde Wasser vorüberspült. Dieselben sind, wie bei den meisten Fischen, der Wand des Vorderdarmes eingefügt, so dass das Wasser per os aufgenommen und durch die Kiemenspalten wieder ausgestossen oder in umgekehrter Richtung hindurchgeführt

werden muss, oder sie sind, wie bei den meisten wasserathmenden Wirbellosen, zu Anhängen des Körpers umgeformt, welche eventl. (Dekapoden) in eine Höhle, die Kiemenhöhle eingelegt sind.

β) Die beiden miteinander in Gasaustausch tretenden Medien werden in der normalen Lunge durch die Alveolar- und Capillarwand von einander getrennt. Erstere ist eine von zartesten, flachsten Schüppchen (Alveolarepithel) bedeckte, feine elastische Membran (Alveolarmembran); letztere stellt eine aus den bekannten dünnen Endothelzellen der Gefässe zusammengesetzte Zellenhaut (Endothelrohr) dar. Die Dicke beider Membranen zusammen beläuft sich auf 2—3 μ — ein für die sinnliche Vorstellung ohne Zuhilfenahme des Mikroskopes undenkares Maass, das man sich etwa durch die feinste Seifenblasenhaut versinnbildlichen kann. Diese Grenzmembran gleicht in wesentlichen Beziehungen, besonders auch mit Rücksicht auf den grossen Wassergehalt, wie er allen thierischen Geweben zukommt, einer äusserst zarten Flüssigkeitslamelle, und als solche dürfte sie dem Diffusionsverkehr einen gewiss nur äusserst geringen Widerstand entgegensetzen. Für flüssige Lamellen selbst hat man z. B. die in 1' 1 *qcm* derselben durchsetzende Luftmenge gleich 0,5—0,64 *ccm* (Exner) gefunden; das ist eine Geschwindigkeit, welche die für Diffusion der innerhalb 1' von einem Pferde benöthigten O-Menge von ca. 1800 *ccm* bei einer Lungenoberfläche von ca. 180 *qm* erforderliche Geschwindigkeit um das 5—6000fache übertrifft. Sie ermöglicht dann noch, auch bei geringer Spannungsdifferenz, den Uebertritt einer noch genügenden Menge des übrigens noch (um ca. ²/₃mal) schneller diffundirenden O aus der Luft in das Blut.

b) Die Ventilation des Respirationsapparates.

Die Ventilation des Respirationsapparates, d. h. den periodischen Wechsel der der Athmung dienenden Luft besorgt bei allen höheren Vertebraten ein durch muskulöse und elastische Kräfte in Gang gesetzter Saug-Druckapparat, welcher durch das Nervensystem in rhythmischer Thätigkeit erhalten wird und in der Zeiteinheit ein dem jeweiligen O-Bedürfniss entsprechendes Quantum Luft das Athmungsorgan durchstreichen lässt.

I. **Anatomische Data.** a) Vergleichend-Anatomisches. Bei den Tracheenathmern, bei welchen die Luft der Vermittlung des Blutes zum Verkehre mit den Gewebselementen sich bekanntlich nicht bedient, sondern »die Gewebe selbst aufsucht«, wird der Luft-Ein- und Austritt durch die Kommunikationsöffnungen (Stigmata) der Tracheenstämme an der äusseren Körperoberfläche unterhalten; die Tracheen selbst sind elastische Röhren, welche durch eine an ihrer inneren Oberfläche entlanglaufende chitinöse Spiralleiste ständig offen erhalten werden können. Bei den höheren Kiemenathmern übernimmt der Schlingapparat die Rolle des Triebwerkes für das über die Kiemen hinwegspülende Wasser, wobei diese selbst den Wasserzutritt durch Heben und daraus resultirendes Sichvoneinanderentfernen der Kiemenbögen (»Inspiration«), die Wasserausstossung durch Einsinken und damit erzielte gegenseitige Annäherung (»Exspiration«) befördern. Quermuskeln, welche sich zwischen dem Kiemengerüste ausspannen, verengen exspiratorisch den Kiemenraum; die Elastizität der Kiemenknorpel dehnt ihn nachfolgend inspiratorisch wieder aus. Unter den

luftathmenden Vertebraten bedürfen die Amphibien ebenfalls der Mitwirkung des Schlingapparates zum Triebe der Luft. Frösche, deren Zunge mittelst Durchschneidung der beiden Nn. hypoglossi gelähmt ist und aus dem Maule heraushängt, müssen ersticken, weil sie ohne Mundverschluss die Luft nicht in die Lungen herabpumpen können. Bei den Vögeln und Säugern dagegen nehmen die Muskeln des Rachens und des Mundes an dem Athemgeschäfte keinen wesentlichen Antheil. Bei ihnen ist es vielmehr die Brustwandmuskulatur nebst den elastischen Bändern des Brustskelettes, welche die lufteinsaugenden und ausstossenden Kräfte abgeben. Periodisch wiederkehrende Kontraktionen der Athemmuskeln führen zur Erweiterung des Brustkorbes und damit auch der Lunge, das mit nachfolgender Erschlaffung derselben möglich werdende Inkrafttreten der durch die Muskelthätigkeit angespannten elastischen Bänder zur Verengerung des Thorax und Lungenvolumens. Ein- und Austritt von Luft in und aus der Lunge sind die direkten Folgen dieser Vorgänge. Diese Abhängigkeit des Lungenvolumens von dem Brustkorbumfange wird bei dem Vogel durch directe Verwachsung der Lungenoberfläche mit der Brustwand erzielt. Bei dem Säuger existirt eine solche nicht, es ist hier vielmehr die eigenartige anatomische Einrichtung des Brustkorbes nebst seinem Inhalte, welche jene Unterordnung des einen unter den andern veranlasst. Das speciellere Verhalten wird aus Folgendem verständlich:

b) Die anatomische Einrichtung des Brustkorbes mit Rücksicht auf die Physiologie des Athemmechanismus bei den Säugern. Den Unterschied in dem anatomischen Bau des Brustkorbes und der in ihn eingefügten Organe und die trotz der Trennung beider bestehende unmittelbare Abhängigkeit derselben von einander in Bezug auf ihren Umfang bei dem Säuger gegenüber dem Vogel wird man am leichtesten aufzufassen im Stande sein, wenn man sich zwischen die innere Oberfläche der Brustwand und die äussere Oberfläche der Lunge einen allseitig geschlossenen spaltförmigen Lymphraum eingeschoben denkt; dann ist zwar jene directe Verwachsung der einen mit der anderen ausgeschlossen und eine materielle Kontinuität beider aufgehoben, aber dennoch besteht der directe Zusammenhalt beider rücksichtlich der Stellung und damit der Weite des Innenraumes. Das hat darin seinen Grund, dass die Brusthöhle eine allseitig geschlossene Höhle ist, welche nirgends mit der Aussenwelt in Konnex sich befindet. Die in sie eingeschlossenen Organe unterliegen somit in keiner Weise der Wirkung des Luftdruckes an ihrer äusseren, der Brustwand zugewendeten Oberfläche. Die Lungen aber sind als Hohlorgane, welche durch die luftleitenden Theile mit der Aussenwelt in Kommunication stehen, an ihrer inneren Oberfläche dem Drucke der Atmosphäre ebenso ausgesetzt, wie die äussere Körperoberfläche.

Die anatomische Einrichtung macht die Brustwandung bebeweglich. Die Brusthöhle erlangt dadurch die Fähigkeit, sich zu erweitern und zu verengern, dass der Brustkorb kein starres, in seinen Ausmaassen unveränderliches Gebilde ist. Die Fähigkeit der Formveränderung verschafft ihm 1. die Gliederung seines Skeletes und die bewegliche Verbindung seiner einzelnen Theile untereinander, sowie 2. das Vorhandensein aktiver Bewegungsorgane, welche zwischen die knöchern-knorpelige Grundlage in die Wand der Brusthöhle ein-

gefasst sind oder von anderen Körpertheilen auf die Brustwand übergreifen.

1. Das Skelet des Brustkorbes zeigt segmentale Gliederung; jedes Brustsegment enthält als knöcherne Grundlage der Brustwand den Wirbelkörper, die seitlich damit verbundenen und durch knorpelige Ansätze (Rippenknorpel) vervollkommneten Rippen und event. das zugehörige Brustbeinstück. Alle diese Theile des einzelnen Brustsegmentes sind beweglich mit einander vereint; die Rippen stossen mit ihren Wirbelkörpern in Gelenken zusammen, die wahren Rippenknorpel auch mit dem Brustbein, die falschen Rippenknorpel legen sich lose aneinander. Die Wirbelrippen- und Rippenknorpelbrustbeingelenke gestatten eine Drehung der Rippen um eine vertikale, dorso-ventral gestellte, durch Rippenhöcker, Rippenköpfchen und Brustbeinende des Rippenknorpels gehende Axe in der Weise, dass die Rippe den Weg eines Ellipsoids beschreibt; der von ihr mit der Medianebene gebildete spitze Winkel wird dadurch vergrössert, dass die Rippe nasolateralwärts (nach vorn und aussen) gedreht wird; er wird umgekehrt verkleinert dadurch, dass die Rippe den entgegengesetzten Weg einschlägt, also nach rückeinwärts (kaudomedianwärts) verstellt wird. Im ersteren Falle ist der gegenseitige quere Abstand beider Rippen eines Segmentes grösser, im letzteren kleiner; die erstgenannte Lageveränderung der Rippen führt also zu einer Vergrösserung im Querdurchmesser der Brust, die letztgenannte zur Verkleinerung. Durch den vom Rippenknorpel gebildeten biegsamen Ansatz der Rippe erhält dieselbe auch Verlängerungsfähigkeit und damit das Brustbein die Möglichkeit zur Senkung, d. h. zur Vergrösserung und entgegengesetzten Falles zur Verkürzung des dorsoventralen Brustdurchmessers, also des Höhendurchmessers. Indess die Beweglichkeit der Rippen in ihrer Anfügung an den Thorax fällt durchaus nicht bei allen ganz gleich aus. Die erste ist vermöge ihrer innigen Einfügung in die Wirbelsäule und ihrer festen Verbindung mit derjenigen der anderen Seite so gut wie festgestellt; und auch die übrigen wahren Rippen sind in Folge ihrer beiderseitigen Fixation und ihrer Verbindungen mit den Schultergürtelmuskeln weniger mobil als die an ihrem ventralen Ende freien, falschen Rippen, deren Beweglichkeit ausserdem in dem Maasse wächst, als das Rippenhöckergelenk sich dem Rippenköpfchengelenk nähert; das begründet die von vorn nach hinten sich gradatim mehrende Mobilität der Rippen, deren letzte am beweglichsten sind. — Die Form des gesammten Brustkorbes variirt schon innerhalb unserer Thierreihe; je länger derselbe, um so geringer ist die Krümmung der Rippen, um so flacher der Thorax in seinem seitlichen Umfange; je kürzer derselbe ist, um so stärker erscheinen die Rippen gekrümmt, um so mehr die von ihnen hergestellte Seitenwand der Brusthöhle gewölbt. Der Brustkorb des Menschen zeigt deshalb den grössten Querdurchmesser; derjenige der Cetaceen wird fast kreisrund im Querdurchschnitt; die Raubthiere besitzen einen immer noch ansehnlich breiten Brustkorb, aber schon bei unseren Fleischfressern wird der Querdurchmesser vom Höhendurchmesser übertroffen; beim Schwein, den Einhufern und Wiederkäuern plattet sich die Seitenbrustwand mehr und mehr ab; ja er ist bei den letztgenannten Thiergattungen, vorzugsweise dem Wiederkäuer, aber auch oft genug bei dem Pferde sogar in den vorderen, seitlich von der Schulter bedeckten Parthien flach und schmal, um erst in den hinteren Theilen eine wirkliche Rundung seines Querschnittes zur Anschauung zu bringen. An diesem Mehr oder Minder in der Krümmung der seitlichen Brustwandungen und der Grösse des Querdurchmessers participiren naturgemäss nicht allein die Rippen in ihrer Form, sondern auch in ihrer Neigung zur Wirbelsäure und die Rippenknorpel nach Länge und Verbindungsweise mit dem Sternum. Die Länge

des Thorax ist wesentlich von der Zahl der Brustwirbel und der Länge der Brustwirbelsäule, daneben aber auch von der Breite der Rippen und Interkostalräume, sowie der Grösse des Winkels abhängig, welchen ihr dorsales Ende mit der Medianebene beschreibt. Schon für die verschiedenen Rippen des gleichen Thieres ist dieser letztere different; in den vorderen Regionen des Brustkorbes (1.—4. Rippe beim Pferde) grösser (88—90° in Exspirationsstellung), nimmt derselbe nach hinten zu ziemlich schnell ab, um sich als ein kleinerer bis zur letzten Rippe zu erhalten (65—60—55° in Exspirationsstellung beim Pferde, Eichbaum); die letzten Rippen liegen deshalb im Bereich ihres ventralen Endes (um 2—3 Wirbellängen) weit schwanzwärts hinter dem Niveau des Rippenköpfchens.

2. Die zu bewegenden Theile der Brust, die Knochen, sind von Muskeln umlagert und durch theils elastische Bänder zusammengehalten. Die Muskeln vermögen, Dank ihrer Contractilität, die Skelettheile der Brust activ aus ihrer Lage zu bringen, also zu bewegen; die elastischen Bänder werden, sobald sie durch den Zug der Muskeln aus ihrer Lage oder Form gebracht sind, als elastische Körper, denen das Bestreben eine Grundeigenschaft ist, ihr natürliches Volumen wieder anzunehmen, sobald die vordem formverändernden Kräfte ihre Zug- resp. Druckwirkung aufgeben, sich und damit die ihnen anhaftenden Theile wieder in die Ruhelage zurückzubringen suchen, wenn die Muskeln zu erschlaffen beginnen.

Die anatomisch-physiologischen Eigenschaften der Lunge und der luftleitenden Organe. Der Respirationsapparat zerfällt in die luftleitenden und das eigentliche Athmungsorgan. Die luftleitenden Organe werden von der Nasenhöhle, der Rachenhöhle, dem Kehlkopf, der Luftröhre und deren Verzweigungen in der Lunge, den Bronchien, dargestellt.

In der Rachenhöhle kreuzen sich der Athmungs- und Verdauungsweg; sie unterhält also zwei Verbindungen mit der Aussenwelt, die eine durch die Maul-, die andere durch die Nasenhöhle. Die Kommunikation der Rachenhöhle durch die Maulhöhle ist unter gewöhnlichen Verhältnissen verlegt, da einmal die Mundöffnung nur unter besonderen Umständen (Athmungsbeschwerden, Bedürfniss nach vermehrter Lungenventilation) für den Luftverkehr geöffnet wird, und da ferner der Isthmus faucium, der Verbindungsweg der Maul- und Rachenhöhle, wenigstens bei dem Pferde und Rinde wegen der bedeutenden Länge des Gaumensegels (dasselbe zieht sich noch mehrere Centimeter auf dem Zungengrunde entlang) gänzlich geschlossen ist, wenn nicht active Muskelthätigkeit oder der unter jenem hinwegtretende Bissen diese Scheidewand zwischen Maul- und Rachenhöhle hebt und so die Oeffnung erweitert; beim Schweine und Hunde fällt das letztere Hinderniss wegen der geringeren Länge des Gaumensegels zwar hinweg, indess Luftdurchtritt kann auch hier nur nach Eröffnung der Maulhöhle und Freigebung eines Luftweges zwischen Maul- und Rachenhöhle sich ereignen. Die Nasenhöhle als der gewöhnliche Luftweg ist wegen der Starrheit ihrer Wände unveränderlich, nur die Zugänge derselben, die Nasenöffnungen sind verengerungs- und erweiterungsfähig; die Stellung der Nasenflügel kann so einen Einfluss auf die Grösse des Luftstromes ausüben. Die quere Weite der Nasenhöhle ist stellenweis eine geringe; Schwellungen der Nasenschleimhaut erzeugen deshalb gern Athemnoth. — Der Weg von der Nasenhöhle bis zur Lungenwurzel wird einzig im Bereiche des Larynx durch die Stimmbänder eingeengt; die zwischen beiden übrigbleibende Stimmritze wird gegen ihr ventrales Ende allmählich schmäler, dorsalwärts dagegen erweitert sie sich zu der bei der Stimmerzeugung nicht sich schliessenden, sondern offen bleibenden Luftritze; in mittlerer Respirationsstellung ist die ganze Stimmritze freigegeben (Polansky und Schindelka). Dem Schlund- und Kehl-

kopfe kommt Contractilität zu; die an ihnen befindlichen Muskeln stellen je ein System longitudinal und circulär verlaufender Fasern willkürlicher Natur her; dadurch wird ihm eine für die Rachenhöhle während des Schlingaktes erforderliche Verkürzungs- und Verengerungsfähigkeit verliehen. Für das Athemgeschäft scheint diese Eigenschaft nicht wesentlich in Mitleidenschaft gezogen zu werden. Die Kehlkopfmuskulatur dagegen nimmt an der Respiration und Stimmbildung thätigen Antheil (s. u.). Die Trachea wird schon durch ihr gegliedertes Gerüst, das Vorhandensein zahlreicher einzelner, nicht geschlossener und in sich selbst zurücklaufender Knorpelringe zu einem Organe gestempelt, dessen Volumen modificirbar ist; sie lässt sich zusammendrücken und erweitern, verlängern und verkürzen. Als active Kräfte wirken in diesem Sinne nur die event. constringirenden, quergerichteten Muskelfasern des dorsalen Luftröhrenumfanges (Musc. transversus). Von der Verlängerungs- und Verkürzungsfähigkeit dürfte nur bei entsprechenden Stellungen (Beuge- und Streckstellung) während der Bewegungen des Halses Gebrauch gemacht werden; die zahlreichen elastischen Gewebsbeimengungen in der Faserhaut und der Mucosa ermöglichen jene Formabänderungen in hohem Masse. — Der aus dem Stamme je eines Bronchus sich durch Abzweigung entwickelnde Bronchialbaum besitzt, dem bei der Athmung so wesentlich in Anspruch genommenen Bedürfnisse nach Volumensveränderung der Lunge entsprechend, ebenfalls Verminderungsfähigkeit des Lumens nach allen drei Richtungen des Raumes, nach der Längenrichtung in Folge der Dehnbarkelt und Elasticität der Wand, in welche elastische Fasern in grosser Menge eingewebt sind, nach der Querrichtung durch die der Mittellage des Bronchialrohres eingefügten glatten Muskelfasern.

Von grösster Wichtigkeit aber für den Atmungsvorgang ist die Form- und Volumensveränderlichkeit der Lunge. An dem Aufbau derselben nehmen die elastischen Gewebselemente ganz wesentlichen Antheil. Nicht nur, dass das Lungengerüst reichliche elastische Fasern aufzuweisen hat, sondern es ist vorzugsweise die Alveolarwand, welche als eine, dem Gummiballon gleichzustellende elastische Membran, den Alveolen die Möglichkeit verleiht, durch Zunahme des Innendruckes sich auszuweiten und nachfolgend, wenn der dehnende Druck nachlässt, sich spontan wieder auf ihr normales Volumen zurückzuziehen. Die Lunge besitzt infolgedessen als Ganzes eine hervorragende Dehnbarkeit und Retractionsfähigkeit. Nun ist es in der wohl durch die Entwicklung bedingten Konfiguration des Brustkorbes begründet, dass mit dem ersten Athemzuge eine Erweiterung des Brustraumes und damit auch der Lungen über ihr natürliches Volumen zustande kommt, die sich späterhin nie wieder ausgleicht, da die Lungen stetig durch den von der Trachea und den Bronchien her wirkenden Luftdruck an der Brustwand festgehalten werden, die Letztere aber selbst durch den rhythmisch wiederkehrenden Zug der erweiternden Muskeln nie wieder dauernd zu dem ursprünglichen Brustvolumen zurückzukehren vermag. In diesem ihren Zustande ununterbrochener Ueberdehnung füllen somit die Lungen nebst den übrigen Organen die Brusthöhle gänzlich aus; die Lungen selbst nehmen den Raum vollkommen für sich in Anspruch, welcher ihnen von den übrigen Organen belassen wird; sie liegen also nur unter Einschiebung einer minimalen Schicht seröser Flüssigkeit (Brustwasser,

Lymphe) einerseits den Brustwandungen, andrerseits den übrigen Brustorganen dicht, aber leicht verschieblich an.

Die Folge der ständigen Ueberdehnung der Lunge über ihren natürlichen Umfang ist die, dass 1. dieselbe jeder weitergehenden Ausweitung einen elastischen Widerstand entgegensetzt, welcher um so grösser sein muss, je mehr das Organ an sich schon ausgedehnt ist, und 2. dass sie sich, sobald die ziehende Wirksamkeit der Brustwandungen nachlässt, und insbesondere, sobald auf der äusseren Lungenoberfläche der gleiche (Luft-) Druck lastet, wie auf der inneren, mit einer gewissen Kraft bis zu der Grösse retrahiren wird, welche sie als herausgenommenes oder im eröffneten Brustkorbe ruhendes Organ darbietet, d. i. das »natürliche Volumen« oder der »Retractionsumfang«. Intra vitam vermag die Lunge dieses Volumen erst dann anzunehmen, wenn in Folge einer Brustverwundung oder perforirenden Eiterung etc. Lunge oder Brustwand verletzt werden, und damit der Lufteintritt in das Cavum pleurae gestattet wird (Pneumothorax). Uebrigens ist die Lunge an der Brustwand wie festgebannt, sie schmiegt sich den Brustwandungen wie den sonst in die Brusthöhle eingeschlossenen Organen innig an, — und es ist damit durch den hermetischen Abschluss des Brustraumes dasselbe erreicht, wenn, wie bei dem Vogel, eine directe Verwachsung der Lunge mit der Brustwand vorhanden wäre. Das macht es auch verständlich, warum selbst bei ausgedehnter Verlötung der einander zugekehrten Flächen beider Theile, wie sie z. B. im Gefolge der Tuberkulose des Brustfelles beim Rinde (»Perlsucht«) nicht selten, die Athmung bis zu gewissem Grade unbehindert ihren Fortgang nehmen kann.

Die Elasticität der Lunge lässt diese dem expandirenden Drucke einen nicht unbeträchtlichen Widerstand entgegensetzen, welchen man als »elastischen Widerstand« zu bezeichnen pflegt. Ich habe denselben beim Pferde in der Weise zu messen versucht, dass ich mit der gut verstopften Trachea des sonst intacten Kadavers, dessen Zwerchfell höchsten Exspirationsstand zeigte, den einen Schenkel eines Manometers in Verbindung setzte und darauf in der rechten und linken Seitenbrustwand Oeffnungen anbrachte, durch welche die Luft in das Cavum pleurae einzutreten vermochte; sofort danach zeigte die Lunge das Bestreben, sich zu retrahiren und drückte, dadurch in dem Maasse auf das in dem Manometer befindliche Wasser bezw. Quecksilber, dass dasselbe bei einem schwachen Pferde im entgegengesetzten Schenkel derart emporstieg, dass der Druck die Höhe von 5,5 *mm* Hg, bei einem starken Pferde von 8—10 *mm* Hg gleichkam. Nachfolgend wurden die Lungen ad maximum aufgeblasen und dadurch der elastische Widerstand im ersteren Falle auf 18—22 *mm* Hg, im letzteren auf 36 *mm* Hg gesteigert. Donders erhielt für die menschliche Lunge bei Normalstellung 6, nach starker Aufblasung 30 *mm* Hg.

Nächst der elastischen Widerstandskraft kommt der Lunge eine, wenn auch geringe Kontraktilität zu, welche sie dem Vorhandensein

einzelner Muskelzellen an der äusseren Oberfläche der Alveolen zu verdanken hat.

II. **Der Luftein- und Austritt in die und aus der Lunge.** Der Gasaustausch zwischen Blut- und Athmungsmedium fordert die periodisch wiederkehrende Ventilation der Lunge. Die Erneuerung der Lungenluft ist nach aërostatischen bezw. dynamischen Gesetzen gebunden an die Erzeugung einer Druckdifferenz zwischen der Lungen- und der atmosphärischen Luft. Sinkt der Druck der Lungenluft unter denjenigen der Atmosphäre, so erfolgt Lufteintritt in den Respirationsapparat behufs Ausgleichung des Spannungsunterschiedes; erhebt sich umgekehrt der intrapulmonale Luftdruck über den atmosphärischen, so strömt solange die Luft aus dem Respirationsapparate ab, bis das Gleichgewicht zwischen Lungen- und atmosphärischer Luft wiederhergestellt ist.

Aufgabe des Respirationsapparates in Gemeinschaft mit den ihm zugehörigen Muskeln etc. ist es nun, diesen Spannungsunterschied zwischen Lungen- und atmosphärischer Luft in regelmässigem Rhythmus bald zu Gunsten, bald zum Nachtheil der Lungenluft entstehen bezw. sich wiederherstellen zu lassen. Der Athmungsapparat wird dieser zweiten ihm obliegenden, also mechanischen Aufgabe gerecht durch Erweiterung und Verengerung des von der Lunge umschlossenen Raumes, des Lungenraumes. Er führt behufs dessen mittelst seiner bewegenden und beweglichen Theile die «Athembewegungen« aus. Die die Vergrösserung der genannten Räume bewerkstelligende Bewegung des Brustkorbes bedingt Lufteintritt und heisst deshalb Einathmung, inspiratio, die dazu antagonistische Bewegung, veranlasst durch Einengung jener Cava, Luftausstossung, und wird deshalb Ausathmung, exspiratio, genannt. Inspiration und Exspiration zusammen bilden mit der sich zwischen diese und die nächstfolgende Einathmung eventuell einschiebenden Pause die Einzelphasen eines Athemzuges oder einer Athmung.

A. **Die Athembewegungen im Speciellen.** Die Lunge ist vermöge des auf ihre innere, nicht aber auch auf ihre äussere Oberfläche wirkenden Atmosphärendruckes (s. o.) an die Brustwand wie festgebannt, sie folgt also den von dieser ausgeführten Bewegungen unter gleichzeitiger Ausdehnung bezw. Zusammenziehung durch Verschiebung ihrer Theilchen. Aeusserer Zug, welcher die Brustwandungen nach allen Richtungen hin von einander sich entfernen lässt, führt zunächst zur Erweiterung der Brusthöhle, welche sogleich von einer Ausdehnung des Lungenvolumens beantwortet wird. Dadurch wird auch der in der Lunge gerade anwesenden Luft Gelegenheit geboten, sich auf ein grösseres Volumen zu expandiren, sie wird also unter entsprechend geringere Spannung versetzt; das aber hat nach den Gesetzen der Gasströmung bezw. Diffusion ein Einströmen der Luft aus der Atmosphäre in die Lungen bis zu vollem Ausgleiche der Spannungsdifferenz zur Folge. So wird die Einathmung zu einer Lufteinsaugung der sich ausdehnenden

Lunge. — Umgekehrt bewirkt elastischer Zug der in die Brusthöhle hermetisch eingeschlossenen Lunge, ferner der Brustwandungen und endlich von aussen auf diese wirkender Druck eine Einengung des Brust- und gleichzeitig damit des Lungenraumes. Das führt zur Kompression der in der Lunge befindlichen Luft und dadurch zur Mehrung des intrapulmonalen Luftdruckes; diese veranlasst aus gleichem Grunde, wie die vordem eingetretene Druckabnahme Lufteinsaugung zur Folge hatte, einen zur Beseitigung des Spannungsunterschiedes zwischen atmosphärischer und Lungenluft führenden Luftaustritt; die Ausathmung ist somit directer Erfolg einer Luftausstossung, herbeigeführt durch die sich unter der Wirkung äusserer Umstände einstellenden Lungeneinengung.

a) Die Erscheinungen der Inspiration. Die äusseren Symptome der Erweiterung des Athmungsapparates bieten sich im Bereiche der Naseneingänge und des Brustbauchabschnittes des Rumpfes dar. An den Nasenöffnungen kommt es bei dem Einhufer auch schon bei ruhiger Athmung zu einer nur mässigen Erweiterung, welche vorzugsweise den mittleren Querdurchmesser derselben betrifft und durch ganz geringe Hebung der Nasenflügel bewirkt wird; dieselbe ist bei den übrigen Thieren, besonders aber dem mit fast starren Nasenflügeln ausgestatteten Rinde und Schweine in der Ruhe fast ganz unsichtbar. Markanter erweisen sich die Bewegungen am Thorax und den Bauchwandungen. Die oberflächliche Beobachtung dieser Theile bei ruhiger Athmung lässt ein Sicherheben der Brustwand unter Verbreiterung und Vertiefung der Interkostalräume neben gleichzeitiger Hervordrängung der Flanken unterhalb der Hungergrube und Senkung der unteren Bauchwand erkennen; die Hungergrube selbst scheint dabei sich eher zu vertiefen als zu füllen, ihre ventrale Begrenzung verwischt sich ein wenig; der einwärts von der Kniefalte gelegene Raum, die Flankenweiche, wird entschieden geringer. Genauere Verfolgung der Einzelerscheinungen ergiebt, dass nicht die ganze Brustwand gleichmässig an der Bewegung Antheil nimmt, sondern dass vor Allem die mittleren Rippen, beim Pferde etwa die 9.—15. Rippe dabei eine Ortsveränderung in dem oben angedeuteten Sinne, d. i. in der Richtung nach vorn und aussen unternehmen, während die ersten Rippen fast stillstehen und die weiter rückwärts gelegenen, vorzugsweise aber die letzte sich mehr nur hebt und senkt, ohne dass deren ventrales Ende in sagittaler Richtung auffallender verschoben wird. Uebrigens erfolgt diese Bewegung aller Rippen gleichzeitig in der ganzen Länge der Brustwand und nicht, wie Haller geglaubt hatte, in der Weise successiv, dass zuerst die vorderste und dann fortschreitend die folgenden hinausgehoben werden. Die ventrale Brustwand trifft so gut wie keine Verlagerung, sie scheint sich bei der Einathmung, d. i. der Brusterweiterung passiv zu verhalten. Freilich ist der Vorgang nicht bei allen Thieren ganz der gleiche. Bei den Pflanzenfressern ist die Antheilnahme der Bauchwand an der Bewegung eine zweifellos energischere als bei den Omni- und

Carnivoren. Wohl zeigt sich auch bei ihnen ein mässiges Fluctuiren jener, indess dasselbe macht den Eindruck, als ob es eine rein mechanische Folge der wogenden Bewegungen des Brustkorbes darstelle; die sich heraushebenden Brustwandungen ziehen die sie fortsetzenden Bauchwandungen mit heraus. Eine Betheiligung der ventralen Brustwand an den Erweiterungsbewegungen des Thorax glaubt man bei mageren kurzhaarigen Hunden, aber immer nur als ein sehr discretes Herabsteigen in dorso-ventraler Richtung bemerken zu können. Diese Verschiedenheiten in der Athembewegung des Rumpfes bei verschiedenen Geschöpfen haben zu der Unterscheidung des abdominalen und costalen Respirationstypus geführt. Bei den Herbivoren herrscht der erstere bezw. der costo-abdominale Typus, bei den Carnivoren der letztere vor. Noch weit auffallender als selbst bei diesen ist der costale Athmungstypus bei dem Weibe vertreten, während Männer mehr die Abdominalform der Athmung bieten. Bei tiefer und forcirter Athmung tritt die augenfällige Verschiedenheit entschieden mehr zurück; hier wird die Erweiterung des Brustraumes vornehmlich durch starke Erhebung der Rippen und Brustwände mit Verbreiterung der Zwischenrippenräume bedingt.

Das Gesammtresultat der Inspirationsbewegungen des Rumpfes ist danach: eine Zunahme des Brustumfanges und Umformung des Hinterleibes neben einem, wenn auch nur mässigen durch Gascompression veranlassten Rückgange des Bauchvolumens. (Kaufmann hält das Volumen des Hinterleibes während der Inspiration für unverändert.)

b) Die äusseren Erscheinungen der Exspiration als einer Verengerung des Respirationsapparates. Die sich dem Beobachter darbietenden Exspirationssymptome gewähren insgesammt das Bild einer Rückkehr der einzelnen bei der Inspiration zu gunsten einer Erweiterung der Athmungswege dislocirten Teile in ihre Ruhelage, eine Neutral- oder Normalstellung, welche dieselben ohne Anstrengung beizubehalten im Stande sein würden, wenn das Athmungsbedürfniss nicht vorläge. Während bei dem Pferde die Nasenflügel wieder einsinken, indem der mediale herabsteigt und sich dem sich wieder einwärts emporziehenden lateralen Flügel nähert, kehren auch die Rippen von ihrer vordem eingegangenen Ortsveränderung, einer Empor- und Heraushebung zurück, sie sinken ein wenig nach rückeinwärts ein und rücken mehr an die Medianebene heran; die Zwischenrippenräume verkleinern sich entsprechend ihrer vorherigen Vergrösserung und werden gleichzeitig flacher; auch ihre Knorpel machen die rückgängige Bewegung mit, indem sie sich ein wenig gegen die Medianebene zurückdrehen, um so den mit der Sagittalebene gebildeten spitzen Winkel wieder zu verkleinern. Gleichzeitig damit werden die vordem gedehnten Bauchwandungen im seitlichen und event. auch ventralen Abdominalumfange entspannt und dadurch zur Wiedereinziehung veranlasst; die ventrale Begrenzung der Hungergrube drängt sich wieder

hervor und steigt fast unmerklich empor, die Höhlung der Flankenweiche vertieft sich deutlich. Am Schlusse des ganzen Aktes erfolgt noch eine mehr oder weniger markante Einziehung des inspiratorisch herausgewölbten und emporgehobenen Rippenbogens in seinem ventralen Teile derart, dass er mehr abgeflacht wird und sich sogar zu einer ganz seichten Rinne vertieft, dem der anderen Seite sich nähernd. Die fragliche Rinne setzt sich auch noch über den Rippenbogen hinaus nach rückwärts in die Flankengegend fort, dem Verlaufe des ventralen Randes der fleischigen Portion des Musc. abdominis obliquus internus folgend. Durch die exspiratorischen Rumpfbewegungen wird nach den angedeuteten Erscheinungen eine Verminderung des Brustumfanges bei gleichzeitiger Gestaltänderung des Hinterleibes erzielt, die event. mit Zunahme von dessen Volumen verknüpft ist.

Die Dauer der beiden Phasen eines Athemzuges ist nicht dieselbe; beim Pferde fällt dem aufmerksamen Beobachter ohne Zweifel iu der Mehrzahl der Fälle die Thatsache auf, dass die Inspiration einen längeren Zeitraum in Anspruch nimmt als die Exspiration; bei den kleineren Thieren ist die Athmung zu frequent, um einen Einblick in die Differenz zwischen Einathmungs- und Ausathmungsdauer zu ermöglichen. Man bedarf zu richtiger Beurtheilung dieser der graphischen Methode (s. u.).

Eine wirkliche Pause als Stadium absoluter Sistirung der Athmungsbewegungen des Brustkorbes festzustellen, stösst auf entschiedene Schwierigkeiten. Vierordt und Ludwig glaubten eine Periode der Ruhe sowohl im Anschluss an die Inspiration wie an die Exspiration annehmen dürfen zu können; P. Bert kann mittelst seiner Apparate eine solche nicht zur Anschauung bringen, auch in Marey's Athmungskurven fehlt sie; Colin dagegen sieht sich berechtigt, eine solche zwischen Inspiration und zugehörige Exspiration einzuschieben. Ich habe aus meinen Curven, welche den Gang der Athmung des Pferdes und Schafes graphisch versinnlichen, auf ein kurze Pause zwischen je zwei Athemzügen also Exspiration und Inspiration geschlossen (s. u.).

c) Die inneren Erscheinungen des Athmungsvorganges. Man ist im Stande, auch in den tieferen Athmungswegen die Erscheinungen des Respirationsvorganges zu beobachten. Es bietet dazu zunächst die im Athmungstractus nachweisbare Luftströmung Gelegenheit; in einer Trachealöffnung ist das Hin und Her des Luftstromes gerade so verfolgbar, wie an den Nasenöffnungen; aber ebenso gelingt dies vermittelst einer Trepanationsöffnung in der Oberkiefer- oder Stirnhöhle; diese Methode bietet gleichzeitig den Vortheil der Gewährung eines Einblickes in die Art der Ausnutzung der in den leitenden Theilen enthaltenen Vorrathsluft; die Inspiration setzt zunächst diese gegen die Lunge in Bewegung und erneuert theilweise die in den Nebenhöhlen der Nase, beim Rind auch die in der Stirnfortsatzhöhle befindliche Luft durch solche, welche von aussen her in die genannten Teile eindringt. Von Grunde der Nasenhöhle betritt die aspirirte Luft den

Pharynx, ohne, selbst bei kurzem Gaumensegel, von da zum Theil in die Mundhöhle zu streichen. Vielmehr wird sie, dem saugenden Zuge der Lunge folgend, sogleich in den Larynx übergeleitet, dessen spaltenförmiger Durchgang die Inspiration durch eine mässige Erweiterung, sowohl der eigentlichen Stimm- wie der Athmungs- oder Luftritze, die Exspiration durch entsprechende Verengerung beantwortet.

Man kann sich davon beim Pferde dusch Spaltung des Lig. thyreo-cricoid. med., wodurch die unteren Ränder der Stimmbänder freigelegt werden, leicht überzeugen. Man beobachtet es aber auch bei dem durch Verbluten seinem Tode entgegengehenden Hunde, wenn man das Maul weit aufsperrt und das Gaumensegel um Weniges emporhebt; dieses selbst zeigt dann gleichzeitig ein mässiges Spiel durch Erhebung und Verkürzung und nachfolgende Senkung und Verlängerung je in Coincidenz mit der Ein- und Ausathmung. Auch hier erweitert und verengert sich die Kehlkopfsritze in Uebereinstimmung mit den beiden Respirationsphasen, ersteres unter Herabdrücken des Kehldeckels auf den Zungengrund (Colin). In geeigneterer Weise und ohne operativen Eingriff haben Polansky und Schindelka unter Zuhilfenahme des Kehlkopfspiegels*) die Athmungsbewegungen der Stimmbänder am Pferde zur Anschauung gebracht; sie sagen darüber, dass »sich die Ränder der Stimmritze von einander bei jeder Einathmung entfernen und bei jeder Ausathmung wieder gegen die Medianlinie vorrücken«. Nebenher soll nach Colin bei der durch Vagus-Durchschneidung herbeigeführten Athembeschwerde der Kehlkopf während der Inspiration herab-, während der Exspiration wieder nasenwärts aufsteigen.

d) Das Zustandekommen der Athembewegungen. Nach den obigen Darstellungen des Baues der Brusthöhle mit ihren Organen besitzt die den Brustwandungen und Brustorganen sich innig aber leicht verschieblich anschmiegende Lunge kein eigenes Ausdehnungsvermögen, wohl aber, wenn überdehnt, hervorragende elastische Retractionsfähigkeit neben geringer Contractilität. Das ist der Grund, warum sie die Kraft zur Erweiterung ihres Umfanges nicht in sich selbst findet; sie ist vielmehr auf die ihr beigegebenen Bewegungsorgane angewiesen, welche der Brusthöhle Erweiterungs- und Verengerungsvermögen verleihen. Durch sie wird in Folge der absoluten Abhängigkeit des Lungenvolumens von der Geräumigkeit der Brusthöhle das Maass der in die Lunge aufnehmbaren Luft bestimmt. Die Fähigkeit, sich zu erweitern, erlangt nun die in ihrer Grundlage beweglich eingerichtete Brustwand durch eine Summe von Muskeln, welche mit Rücksicht auf den Effect ihrer Contraction Inspirationsmuskeln genannt werden. Den gegentheiligen Erfolg, die exspiratorische Abnahme der Brusthöhlendurchmesser, erzielt bei ruhiger Athmung augenscheinlich fast allein die Elasticität der in dem Brustskelete gegebenen Verbindungen unter Mitwirkung des elastischen Zuges der Lunge und des elastischen Druckes der Bauchorgane und Bauchwandungen; unterstützt aber werden diese Kräfte gegebenen Falles durch die Action

*) Polansky und Schindelka, die Rhinoskopie und Laryngoskopie an Pferden. Oesterr. Zeitschrift für wissenschaftliche Veterinärkunde. III. Bd. 1889.

gewisser Muskeln, welche als Antagonisten der vorigen die Exspirationsmuskeln geheissen worden sind.

α) Die inspiratorischen Kräfte. Die zur Einathmung von Luft führende Brusterweiterung wird durch eine Vergrösserung der Brusthöhle in allen ihren Durchmessern veranlasst. Ganz besonders hervorragend scheinen an derselben die den Quer- und den Längendurchmesser beeinflussenden Muskeln, in entschieden niederem Grade die den Höhen-, also dorsoventralen Durchmesser verlängernden Muskeln betheiligt zu sein.

αα) Die Vergrösserung des Querdurchmessers ist das Resultat der oben erwähnten Vor- und Heraushebung der Rippen unter dem muthmaasslichen Zusammenwirken der Inspirationsmuskeln, d. s. die Mm. levatores costarum, die Mm. intercostales externi (und interni?), die Mm. serrati postici superiores, die Mm. scaleni, als deren gelegentliche Genossen der M. serratus anticus und der M. latissimus dorsi zu fungiren vermögen.

1. Die Mm. levatores costarum, die Rippenheber, finden in den Mamillarfortsätzen der Brustwirbel ihre fixen Punkte und vermögen durch die Anheftung ihrer schief caudo-ventral (rückabwärts) verlaufenden Muskelfasern theils an dem nasalen Rande, theils an der äusseren Fläche der Rippen, jede derselben naso-lateralwärts (nach vorn und aussen) zu verlagern; wegen der Selbstständigkeit jedes einzelnen Muskels können sie wohl unabhängig von einander wirken; allem Anscheine nach thun sie das jedoch bei der Athmung nicht; übrigens fehlen die fraglichen Muskeln den drei ersten Rippen so gut wie gänzlich, ein Hinweis auf die Thatsache, dass diese an der Erweiterung der Brusthöhle so gut wie keinen Antheil haben. Mit Rücksicht auf ihre der Bewegungsaxe relativ nahe gelegene Insertion ist der Weg, welchen diese bei der Contraction beschreibt, ein geringer, aber da ihr Lastarm ein sehr langer, so wird dadurch dessen Ende einen relativ grossen Ausschlag ausführen. Ihre inspiratorische Wirksamkeit wurde durch Traube und Rosenthal am Kaninchen experimentell nachgewiesen.

2. Die Mm. serrati postici superiores, die vorderen kleinen gezahnten Muskeln, befinden sich als Inspirationsmuskeln in der gleich günstigen Lage wie die vorigen; in der ihnen Ursprung gewährenden, an dem dorsalen Ende der Brustwirbeldornfortsätze entstehenden Aponeurose besitzen sie ihr unveränderliches punctum fixum, in dem dorsalen Dritttheil der beim Pferde 5.—12. (beim Wiederkäuer und Schweine 5.–9., bei den Fleischfressern 3.–10.) Rippe stehen ihnen verhältnissmässig lange Kraftarme zu gebote, so dass sie thatsächlich kräftigere Wirkungen äussern, als man ihnen gewöhnlich zuzutrauen geneigt ist. Sibson sah sie nach der Freilegung beim Esel und Hunde sich wirklich kontrahiren, Colin beobachtete beim Pferde selbst während kräftiger Inspirationen nur ganz schwache Zurückziehung der Schnittenden ihrer Fasern nach Anbringung oberflächlicher Schnitte.

3. Die Mm. scaleni, die Rippenhalter oder Halswirbelrippenmuskeln, sind in Gemeinschaft mit dem M. cervicalis adscendens oder der Halsportion des M. iliocostalis, gemeinschaftlichen Rippenmuskels, beim Pferde nur Feststeller der 1. Rippe und Vorzieher des gesammten Thorax. Bei den Wiederkäuern und dem Schweine dagegen, wo sich der dem Pferde fehlende M. scalenus maximus bis zur 4. Rippe begiebt, und noch mehr beim Hunde, wo dieser Muskel, bis zur Mitte des Brustkorbes ziehend, sich an der 1.–6. Rippe direkt und an der 7. und 8. und zuweilen auch 9. Rippe mittelst einer dünnen Sehne ansetzt, wird dieser kräftige Muskel zum

kräftigen Inspirator vermöge seiner Masse, der absoluten Festigkeit seines Ursprunges, der fast senkrechten Richtung seiner Muskelfasern zu den zu bewegenden Rippen und endlich der beträchtlichen Länge der Kraftarme, welche ihm die ganze proximale Hälfte der betreffenden Rippen bieten.

4. Eine sehr zweifelhafte und darum vielumstrittene Stellung unter den Respirationsmuskeln nehmen die Mm. intercostales, die Zwischenrippenmuskeln, ein. Borelli (um 1650) und nach ihm Haller (um 1750), und die der neueren und neuesten Zeit angehörigen Forscher Volkmann, Duchenne, Duval, Esbach u. A. erblicken in ihren beiden Portionen Inspirationsmuskeln, Galen (131–203), Willis (um 1650) und im Anschluss an ihn Hennberger (1727) begründeten die jetzt meist acceptirte Lehre von der Thätigkeit der Mm. intercostales externi als Inspiratoren und der Mm. intercostales interni als Exspiratoren; nach Magendie (im Anfange unseres Jahrhunderts) betheiligen sich beide abwechselnd je an der In- und Exspiration; nach Henle endlich können die Interkostalmuskeln die Rippen weder herausheben noch hineinziehen, sondern sie dienen allein dazu, die Zwischenrippen- und Zwischenknorpelräume gegen die Schwankungen des intrapleuralen Druckes resistenter zu machen. Als unzweifelhafte Thatsache kann zunächst nur festgestellt werden, dass, da beide Enden der Fasern sowohl der Mm. intercostales externi wie der interni bewegliche Ansatzpunkte besitzen, eine Kontraktion derselben beide benachbarten Rippen resp. Rippenknorpel einander nähern muss. Da nun aber thatsächlich die Zwischenrippenräume bei der Inspiration vergrössert und bei der Exspiration nur verkleinert werden, so kann man nur folgern, dass entweder die Interkostalmuskeln nur bei der letzteren Athembewegung in Aktion treten oder dass, wenn dies nachweislich nicht allein der Fall ist, durch andere Kräfte und physikalisch-anatomische Umstände immer die eine von beiden Rippen oder wechselnd bald die eine, bald die andere Rippe zum punctum fixum wird. Rosenthal glaubt nun bei Kaninchen und Katzen die mit der Inspiration synchrone Kontraktion der Mm. intercostales externi, Newell-Martin und Hartwell (1878) bei Hunden und Katzen die mit der Exspiration gleichzeitige Zusammenziehung der Mm intercostales interni im regelmässigen Wechsel mit dem Zwerchfell beobachtet zu haben; die Richtigkeit dieser Beobachtung vorausgesetzt, so wäre damit allerdings der Beweis einer alternirenden Aktion beider Portionen der Zwischenrippenmuskeln erbracht und die erstere der oben angeführten Möglichkeiten als ausgeschlossen zu erachten. Für die dann allein als zulässig übrigbleibende zweite Möglichkeit ist ins Auge zu fassen, dass 1. nach der obigen Darstellung des anatomischen Baues des Brustkorbes jede in der Zahl vorangehende Rippe weniger beweglich ist als jede folgende, dass also an sich die dem nasalen Rande des Muskels angefügte Rippe dem Zuge desselben mehr Widerstand leisten wird als die an dessen kaudalen Rande sich befestigende Rippe, und dass 2. die Mm. intercostales externi wegen ihres kaudo-ventral gerichteten Faserverlaufes in der ihnen in der Zahl folgenden Rippe den längeren, in der gleichzähligen den kürzeren Kraftarm, und umgekehrt, dass die Mm. intercostales interni in der folgenden den kürzeren, in der gleichzähligen den längeren Hebelarm als Kraftarm finden. Die geringere Beweglichkeit der hinteren (caudalwärts folgenden) Rippe verschafft der vorangehenden ein gewisses Uebergewicht, welches im Zusammenhange mit dem von der folgenden Rippe gebotenen längeren Kraftarme und dem nach bekannten Hebelgesetzen deshalb grösseren Effekte der gleichen Kraft gegenüber dieser eine Bewegung ebenderselben in der Richtung gegen die vorangehende bei der Contraction des M. intercostalis externus bedingen muss. Mit dieser Annäherung ist aber gerade wegen des schiefen Verlaufes der Fasern des genannten Muskels

gleichzeitig auch eine Heraushebung der Rippe aus ihrer in der Ruhestellung eingenommenen Ebene in eine von der medianen entferntere Ebene bedingt, so dass die nasale und laterale Lageveränderung nebeneinander hergehen können. Nun kommt aber thatsächlich während der Inspiration nicht, wie nach dem Bisherigen zu erwarten, eine Verringerung des einzelnen Interkostalraumes, sondern eine Vergrösserung desselben zu Stande; aber auch diese ist bei dem schiefen Verlaufe der Muskelfasern, wie aus nebenstehendem Schema ersichtlich (s. Fig. 54), leicht zu erklären. Wenn, wie das z. B. beim Rinde für die Mehrzahl der Fasern der äusseren Zwischenrippenmuskeln zutrifft, der von der Faser mit der nasalen Rippe gebildete Winkel ca. 45° und deren Länge 30 *mm* beträgt, so führt trotz einer Verkürzung derselben um 3 *mm* = 10 pCt. der Gesammtlänge eine Verstellung derselben um einen Winkel von 15°, so dass die Rippe jetzt mit der Faser einen solchen von 60° bildet, zu einer Verbreiterung des Zwischenrippenraumes um 6 *mm*, so dass er von vordem 17 *mm* auf 23 *mm* wächst, neben einer Erhebung des bewegten Endpunktes um 11 *mm*. Naturgemäss sind derartige theoretische Zahlen nicht ohne Weiteres auf die am Brustkorb vorliegenden Verhältnisse übertragbar, weil hier die Erhebung der Rippe nicht wie auf dem Papier in der Ebene, sondern infolge gleichzeitiger Abhebung derselben von der Medianebene im Raume erfolgt, wodurch eine geringere Entfernung in sagittaler und dorso-ventraler wie in der Querrichtung erzielt wird. Wenn nun unter der gleichzeitigen Mitwirkung der Mm. scaleni etc. die Seitenbrustwand nasenwärts emporgezogen wird, so resultirt aus der Gesammtaktion dieser mit den Mm. intercostales externi etc. eine Verlängerung und Heraushebung der Rippen, die der Zunahme des Längen- und Quer-, nicht aber des Höhendurchmessers zu gute kommt; der dorsoventrale Durchmesser dürfte dabei vielmehr verkürzt werden. Dem arbeiten indessen die zwischen den wahren Rippenknorpeln gelegenen Abschnitte der Mm. intercostales interni, die sogenannten Mm. intercartilaginei entgegen (s. u. Vergrösserung des dorsoventralen Durchmessers), indem sie den von der Rippe und dem zugehörigen Rippenknorpel zusammengefügten Winkel vergrössern.

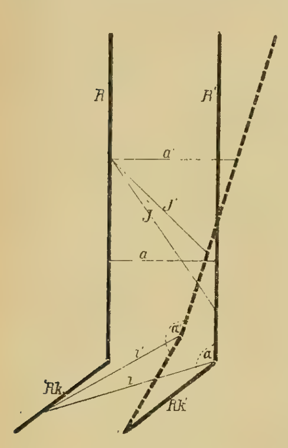


Fig. 54. Schema zur Erklärung der Wirkung der Zwischenrippenmuskeln *R R'* zwei Rippen, *Rk Rk'* die zugehörigen Rippenknorpel, *J* M. intercostal. ext. in Ruhestellung, *J'* nach erfolgter Contraction, *i* M. intercartilagin. in Ruhestellung, *i'* nach erfolgter Contraction, *a* Abstand zweier Rippen in der Ruhe, *a'* nach erfolgter Contraction der Zwischenrippenmuskeln, *α* der Rippen-Rippenknorpelwinkel in der Ruhestellung, *α'* derselbe nach erfolgter Muskelcontraction.

5. Als Hilfsinspiratoren dürften für die Vergrösserung des Querdurchmessers noch gelten können der M. serratus anticus major, der grosse gezähnte Muskel, dadurch, dass er bei feststehender Brustgliedmasse die ersten 8 bis 9 Rippen seitlich herauszuheben vermag, und ferner der M. latissimus dorsi, der breite Rückenmuskel, soweit er, wie beim Wiederkäuer und Fleischfresser, an einzelnen Rippen wirklich Ansatz nimmt; er zieht dieselben dann, wenn die Brustgliedmasse als punctum fixum figurirt, nach vorwärts. Beim Menschen werden als Hilfsinspiratoren, welche erst bei Athmungsbeschwerden in Mitleidenschaft gezogen werden, noch der M. sternocleidomastoideus, der M. trapezius, M. pectoralis minor, Mm. rhomboidei u. A. angesprochen; für unsere Thiere sind sie in dieser Richtung so gut wie bedeutungslos.

$\beta\beta$) Die Vergrösserung des Höhen- oder dorso-ventralen Durchmessers, welche in ausgiebigem Maasse beim Weibe zu Stande kommt, im Uebrigen aber wohl nur der andern Falles durch die Mm. intercostales externi (s. o.) herbeigeführten Annäherung des Brustbeins an die Wirbelsäule entgegenzuarbeiten bestimmt ist, fällt vorzugsweise den Mm. intercartilaginei, also den zwischen den Rippenknorpeln angebrachten schief caudo-dorsalwärts ansteigenden Muskelfasern zu. Durch die Fähigkeit, den ihnen caudal Ansatz gewährenden Knorpel nach vor-abwärts (naso-ventralwärts) zu verstellen, so dass der von diesem mit den zugehörigen Rippenknochen gebildete Winkel sich vergrössert, verlängern sie die ganze Spange, welche der seitlichen Brustwand eingefügt ist, und drehen gleichzeitig den Rippenknorpel ein wenig vor- und auswärts.

In Fällen der Athemnoth liegt die Möglichkeit eines coadjutorischen Eingreifens der Mm. pectorales als Vergrösserer des dorso-ventralen Durchmessers, insbesondere bei denjenigen Thieren, bei welchen das erste Brustbeinstück mit den nächstfolgenden untereinander verwachsenen Sternalsegmenten gelenkig verbunden ist, vor, sobald die Brustgliedmassen fest- und womöglich breitgestellt sind. Es kann dann besonders der M. pectoralis major durch seinen fast gradlinigen Verlauf von unten nach oben das Brustbein herabziehen, während der M. pectoralis minor mehr die Rippenknorpel von der Sagittalrichtung herauszuziehen vermag. Durch sie wird in Gemeinschaft mit den Mm. intercartilaginei die Rippenspange unter Streckung des Rippen-Rippenknorpelwinkels verlängert.

$\gamma\gamma$) Die Vergrösserung der Längendurchmesser der Brusthöhle ist die Hauptaufgabe des M. phrenicus, des Zwerchfelles. Durch seine Abflachung, die Folge seiner Contraction, rückt das Diaphragma, welches während der Exspiration ziemlich weit nasalwärts in den Brustkorb vorgewölbt ist, mit Ausnahme der peripheren Insertion am Brustkorb und vielleicht auch seines durch das Foramen venae cavae inferioris repräsentirten Centrums in allen seinen Punkten caudalwärts gegen das Abdomen zurück; dadurch wird der Längendurchmesser der Brusthöhle in toto vergrössert. Diese Längenzunahme der Brust ist naturgemäss von dem Grade der Zwerchfellscontraction abhängig; bei gewöhnlicher ruhiger Athmung dürfte sie sich nur auf ein geringes Maass belaufen.

In höchster Exspirationsstellung (vgl. Figg. 55 und 56), wie sie z. B. bei Thieren, welche durch Verblutenlassen getötet sind, ganz regelmässig gefunden werden kann, erscheint der Muskel als eine gegen die Brusthöhle vorgewölbte Kuppel, deren Scheitel an der Durchtrittsstelle der Vena cava inferior etwas oberhalb der Mitte des 7. resp. 8. Interkostalraumes beim Pferde und Rinde, des 6. Interkostalraumes beim Schafe und Hunde liegt; beim Hunde ist die rechte Zwerchfellshälfte etwas stärker vorgewölbt als die linke (Eichbaum). Die Scheitellinie d. i. die Medianlinie des Diaphragma bildet, soweit sie dem Centrum tendineum angehört, eine gegen die Brusthöhle convexe Bogenlinie von dem 9. oder 10. bezw. 7. Brustwirbel gegen die Ansatzstelle des Processus xiphoideus (Schaufelknorpels) an das Brustbein; die in der Medianlinie des dorsalen Zwerchfellsabschnittes gelegenen Pfeiler ziehen sich an der ventralen Fläche der caudalen Brustwirbel resp. der Aorta in fast horizontalem Niveau von dem letzten zu dem 9. oder 10. bezw. 7. Brustwirbel entlang; das Foramen

oesophageum des Diaphragma ist somit dicht unter die Aorta descendens s. posterior des 11. bezw. 8. Thorakalwirbels postirt. Zur Bildung der eigentlichen Scheidewand zwischen Brust- und Bauchhöhle verbleibt demnach nur der Helmont'sche Spiegel nebst der Sternalportion und einem jederseits neben dieser gelegenen geringen Abschnitte der Costalportion des Zwerchfells, während der ganze übrige fleischige Theil des Muskels der Innenfläche des Thorax dicht angedrängt ist, einen mit seiner Fläche der Brustwand parallel gelagerten, ovalen Umfassungsring um das Brustbauch-Septum bildend. — Für die Herstellung der Inspirationsstellung des Zwerchfelles ist es nun vor allem von Wichtigkeit, dass ausser dem peripheren Insertionsrande desselben als feststehend und nur um ein geringes Mass in caudaler Richtung verschieblich das Foramen venae cavae erachtet

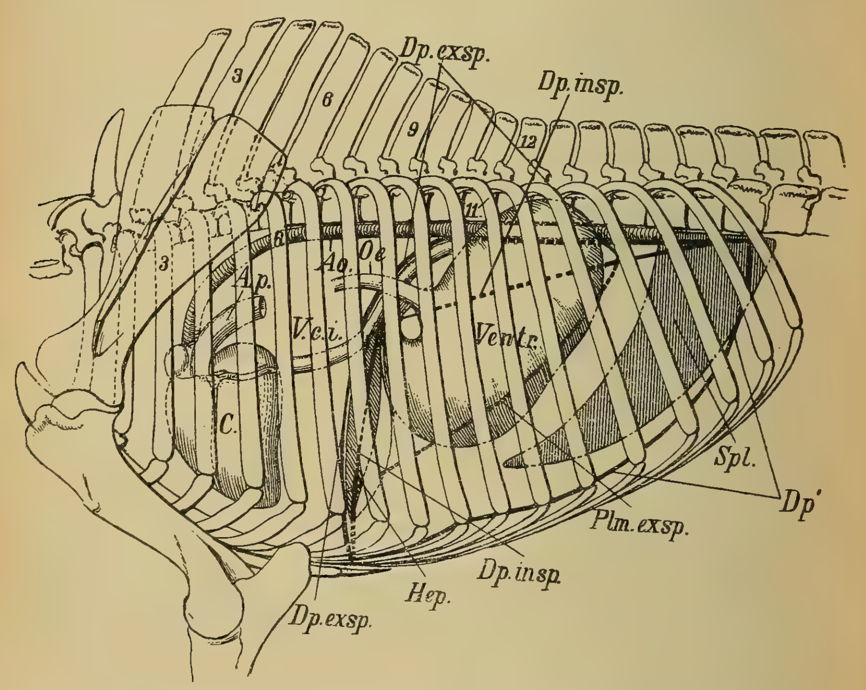


Fig. 55. Das Diaphraghma und seine Nachbarorgane in Exspirations- und Inspirationsstellung beim Pferde (halbschematisch).

3, 6, 9, 11, 12, 3. 6. 9. 11. 12. Brustwirbel bezw. Rippe, *Dp. exsp.* Medianlinie des Diaphragma in höchster Exspirationsstellung, *Dp. insp.* in tiefster Inspirationsstellung, *Dp'* Costalinsertion des Zwerchfells, *C.* Herz, *A. p.* Art. pulmonal, *Ao.* Aorta, *V. c i.* Ven. cav. inf., *Oe.* Oesophag., *Plm. exsp.* der laterale Abschnitt des scharfen Lungenrandes in Exspirationslage, *Ventr.* Magen, *Spl.* Milz, *Hep.* Leber.

werden muss. Das durch dieses tretende Gefäss ist derart zwischen der Basis des rechten Herzatriums und dem jener Oeffnung des Diaphragmas ausgespannt, dass es nach Art eines Segeltaues das gleichmässige Zurückweichen dieses Muskels in allen seinen Punkten bei der Contraction zu verhindern vermag. Dadurch wird ein einfaches Sichabflachen desselben gegen die Bauchhöhle in seiner Totalität ein Ding der Unmöglichkeit. Es wandelt sich vielmehr die vorher, d. h. während der Exspiration

einer nicht ganz vollkommen regelmässigen Kugeloberfläche vergleichbare Kuppel, sobald die Inspiration ihrem Höhepunkt entgegen geht, in einen nach hinten offenen unregelmässigen Hohlkegel, also Trichter, um, dessen Spitze in dem Foramen venae cavae und dessen Basis in dem Insertionsrande des Diaphragmas liegt. Die die Wand dieses Hohlkegels bildenden Muskel- und Sehnenfasern spannen sich so in geradlinig radiärer Richtung zwischen diesem peripheren Rande und jener »central« gelegenen Oeffnung aus. Die bogenförmige Scheitellinie der exspiratorischen Kuppel ist demgemäss inspiratorisch zu einem den gleichen Scheitel besitzenden stumpfen Winkel geworden, dessen dorsaler Schenkel durch den Insertionspunkt der Zwerchfellsspfeiler und das Hohlvenenloch, dessen ventraler Schenkel dagegen durch dieses und die Sternalinsertion des Zwerchfells begrenzt ist. Ob und wie weit dabei die Durchtrittsstelle der Vena cava inferior des Zwerchfells schwanzwärts zurücktritt, wird einmal von der Dehnbarkeit der Brust-

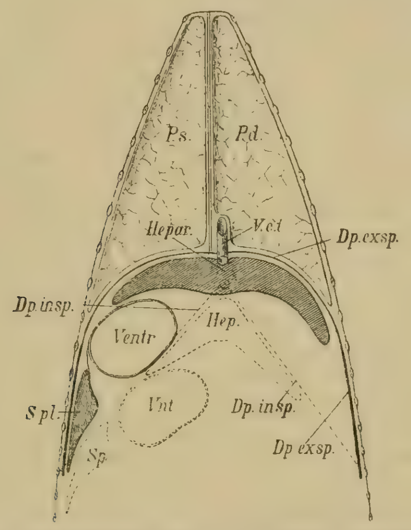


Fig. 56. Horizontaler Durchschnitt durch den Thorax des Pferdes in der Höhe des Foramen venae cavae (halbschematisch).

Dp. exsp. Zwerchfell in höchster Exspirationsstellung, *Dp. insp.* Zwerchfell in tiefster Inspirationsstellung, *P. s* linke, *P. d.* rechte Lunge, *V. c. i.* Ven. cav. inf, *Hepar* Leber in Exspirationslage, *Ventr.* Magen desgl., *Spl.* Milz desgl., *Hep.* Leber in tiefster Inspirationslage, *Vnt.* Magen desgl., *Sp.* Milz desgl.

portion der genannten Vene und der Kraft des inspiratorischen Zuges des Diaphragmas abhängig sein, andererseits von der Verschiebbarkeit des Zwerchfells an dem Gefässe. Meine bezüglichen Versuche liessen eine Möglichkeit wie die letztere fast ganz ausschliessen, denn in der Regel riss das Diaphragma eher von der Hohlvenenwand ab, als dass diese sich wesentlich verlängert hätte. Für die erst angeführten Bedingungen der Verlagerung des Foramen venae cavae erhielt ich beim Pferde folgende Anhaltspunkte: die Brustportion der Vena cava inferior kann durch Manneskraft-Zug von 16 *cm* ihrer mittleren Länge kaum auf 19 *cm* gedehnt werden; bei Steigerung des Innendruckes von 0 auf 500 *mm* Hg, d. i. das Maximum des Druckes, den dieses Gefäss auszuhalten vermag, mittelst der Spritze wächst sie um ca. 3—4 *cm* an. Die Längenzunahme aber, welche die Hohlvene erfahren müsste, falls sich das Zwerchfell zum

Zwecke der Inspiration durchaus abflachte, würde beim Pferde ca 22 *cm*, bei kleineren Thieren (Schaf etc.) ca. 12 *cm* betragen müssen; beim Pferde würde das Foramen venae cavae dann in die Mitte des 14., beim Schafe in diejenige des 10. Interkostalraums zu liegen kommen. Eine so starke Verlängerungsfähigkeit der Hohlvene und damit einhergehende Umformung des Diaphragmas zu einer platten ovalen Scheibe halte ich jedoch mit Rücksicht auf die angeführten Verhältnisse und die Intacterhaltung des Mittelfettes nicht für möglich und für die gewöhnliche Athmung auch nicht für erforderlich, da für sie nur eine geringe Volumensvermehrung der Lunge behufs Aufnahme weniger Liter (beim Pferde) Luft (s. u.) geboten erscheint. Ich glaube deshalb, dass auch für ausgiebige, tiefe Athmung der Zwerchfellscheitel um nur wenige (höchstens 5 *cm*) zurückrückt und somit in selbst tiefer Inspirationsstellung das Zwerchfell noch einen trichterförmigen Körper darstellt. Nach alledem wächst auch der (naso-caudale) Longitudinaldurchmesser der Brusthöhle mit der Inspiration nicht gleichmässig in allen Theilen derselben, sondern er wird in der Medianebene sich am wenigsten, von da ab je weiter seitlich um so mehr vergrössern. Von der Bildung einer Konvexität des Zwerchfells gegen die Bauchhöhle, wie sie Fontana und Haller gelehrt haben, kann naturgemäss gar keine Rede sein, dazu fehlen die Hilfsmittel gänzlich, zumal eine recht bedeutende Kraft erforderlich sein würde, die schweren Eingeweide der Pflanzenfresser noch weiter zurückzudrängen, als dies das entsprechend umgeformte Diaphragma zu thun vermag.

Die von einigen französischen Forschern, wie Magendie (1853), Duchenne (1867) und zuletzt P. Bert (1870) wieder aufgestellte Behauptung Vesals, dass die Zwerchfellcontraction weiterhin zu einem Auseinanderweichen der letzten beiden Rippen führte, ist schon von Borelli zurückgewiesen, und die thatsächlich zustandekommende Verbreiterung des letzten der Bauchhöhle und nicht mehr der Brusthöhle angehörigen Zwischenrippenraumes auf die Ausdehnung der inspiratorischen Action auch auf die letzte Rippe, sowie die indirect verbreiternde Wirkung der vom Zwerchfelle zurück- und herausgedrängten Bauchorgane zurückgeführt worden. Colin hat ausserdem experimentell gezeigt, dass elektrische Reizung des N. phrenicus dann, wenn die Baucheingeweide von dem Zwerchfell und der Bauchwand abgehoben werden, neben starker Zwerchfellcontraction Einziehung der Basis des Thorax zur Folge hat.

Uebrigens ist die Antheilnahme des Zwerchfelles an der Aufnahme der Athmungsluft bei ruhiger Respiration nicht so belangreich, als man häufig anzunehmen geneigt ist. Das geht aus dem Erfolge der Lähmung desselben mittelst Zwerchfellsnerven-Durchschneidung deutlich hervor. Ich habe bei 4 Pferden diese Operation behufs Eruirung der Bedeutung des Diaphragmas für die Athmung ausgeführt und danach zunächst zwar neben Uebergang des abdominalen Athemtypus in den kostalen nicht unbedeutende Zunahme der Athemfrequenz eintreten sehen, nachfolgend aber Rückgang der letzteren auf die Normalzahl unter Fortbestehen eines mehr costalen als abdominalen Athemtypus beobachtet.

Der Erfolg der beiderseitigen, durch die Obduction der nach früherer oder längerer Zeit getödteten Thiere controlirten Resectio nervorum phrenicorum beim Pferde kann in Folgendem kurz zusammengefasst werden. Directe Folgeerscheinungen sind: Steigerung der Athemfrequenz von 12—16 auf 28—32, die Athmung wird mit weit deutlicherer Hebung der Seitenbrustwände unter ergiebigerer Verbreiterung der Zwischenrippenräume, also angestrengt ausgeführt; das Abdomen steht fast still, seine

Wandungen werden nur durch den Zug des Thorax mitbewegt; demnach zieht sich die untere Bauchwand inspiratorisch in die Höhe, die Seitenbauchwand flacht sich etwas ab; dagegen senkt sich die untere Bauchwand bei der Exspiration, die Hungergrube füllt sich und ihre ventrale Begrenzung wird wieder hervorspringender. Die Herzthätigkeit steigt auf 56—60 Schläge in 1' an; der bei einem der Pferde manometrisch festgestellte Blutdruck schwankt in den weiten Grenzen von 80—240 *mm* Hg (gegen 140 *mm* Mitteldruck vor der Operation) in der A. carotis, die maximale Höhe von 240 *mm* wird aber nur durch forcirte Athembewegungen des Brustkorbes unter, den Exspirationen synchronen Hebungen der Quecksilbersäule erreicht. Das Blut ist anfänglich dunkelblau, einzelne Theile des Körpers deshalb ziemlich kyanotisch; solange dies der Fall, wird das Maul beim Athmen krampfhaft aufgerissen. Auch die Bauchpresse fungirt zunächst nicht mehr mit der gleichen Energie, der Kothabsatz ist theilweis geradezu behindert; es müssen sich erst grosse Mengen Kothes in dem Mastdarm ansammeln, bis einige von den Kothballen ausgestossen werden. — Secundäre Folgeerscheinungen: Allmählich bilden sich unter sorgfältig antiseptischer Wundbehandlung, während deren die Temperatur nur unbedeutende Hebungen und der Appetit keine Schädigung zeigen darf, die Störungen des Athemvorganges, was Frequenz und selbst Ausführung anlangt, wieder mehr zurück; schon nach 12—24 Stunden erreicht die Athemzahl die normale Höhe wieder, und es verwandelt sich sogar der auffallend costale Typus mehr in den abdominalen zurück. Auch der Kothabsatz erfolgt schliesslich wieder fast so leicht, wie vor der Operation. Dagegen blieb die Pulsfrequenz bei zweien der Versuchspferde ständig etwas über der Norm; sie bewegte sich zwischen 47 und 60, so dass man versucht sein konnte, in den Nerven auch Hemmungsfasern für die Herzthätigkeit zu verlegen, die vielleicht durch seine Communicationen mit dem M. sympathicus zum Herzgeflecht geführt werden. Selbst im Gebrauche zeigte eines der Versuchspferde, an einem leichten Wagen im Trabe bewegt, keine auffallende Athmungsbeschwerde. Die Athmung stieg binnen 20' nicht über 56 Züge, der Puls nicht über 80 Schläge, die Beruhigung nahm auch nur etwa 20' in Anspruch. In der Muskulatur des Zwerchfelles der nach wenigen Tagen getödteten Thiere wurde körnige Trübung und in der des nach längerer Zeit getödteten Pferdes fettige Degeneration der Muskelfasern konstatirt.

δδ) Die Grösse der durch die bisher geschilderten Inspirationskräfte herbeigeführten Brusterweiterung metrisch festzustellen, fordert die zweckentsprechende Applikation von Maassen in der Richtung der drei Durchmesser.

Ich legte zu diesem Zwecke ein der Oberfläche des Brustkorbes sich gut anschmiegendes unelastisches Bandmass um die verschiedenen Theile der Brust, dessen eines Ende über eine leichtbewegliche Rolle des andern Endes hinweggeführt und mit einem mässig schweren Gewichte belastet wurde, um dasselbe so dauernd an der Brust angedrückt zu erhalten. Ich erhielt dann eine beim Pferde für die dicht hinter der Schulter befindliche Region sich auf nur 1—3 *mm*, im Niveau der 13. Rippe dagegen auf ca. 20 *mm* und im Bereiche des letzten Interkostalraums auf 12—16 *mm* belaufende Umfangsvermehrung; beim Menschen soll diese sich nach Valentin in der Höhe der Herzgrube auf $^1/_{12}$ bis $^1/_7$ der ganzen Brustcircumferenz belaufen, nach Sibson auf $^1/_{10}$ dieser im Niveau der Brustwarzen; Hutchinson hat sie hier auf ca. 7,5 *cm* festgestellt. Colin befestigte am unteren Dritttheil der 11. und 12. Rippe eine lange, graduirte Metallnadel senkrecht zu der Rippe und liess dieselbe an einem perpendikulär vom Boden aufsteigenden Zeiger hin- und hergehen; er fand dann jederseits schon bei ruhiger Athmung des Pferdes eine Querdurchmesserzunahme um 3—4 *cm*, also zusammen um 6—8 *cm*, eine Zahl, die mir mit Rücksicht auf die dadurch schon

allein bedingte Vergrösserung des Fassungsvermögens des Brustkorbes für die ruhige Athmung (s. u.) entschieden zu gross erscheinen will; beim niedergelegten Pferde soll diese Vergrösserung des Brustquermessers sich im Bereiche des hinteren Dritttheils des Thorax auf 4—5 *cm* und für die letzten Rippen selbst noch auf 3—4 *cm* belaufen. — Die Vergrösserung des dorso-ventralen Durchmessers wird beim Menschen mittelst des Sibson'schen Thorakometers bemessen, eines Instrumentes, welches die Exkursionen des Brustbeines auf einen Zeiger überträgt, dessen auf graduirtem Zifferblatte messbaren Ausschläge dafür berechneten Vergrösserungswerthen gleichkommen. — Die Längendurchmesserzunahme zahlenmässig festzustellen, stösst auf grössere Schwierigkeiten wegen der Unmöglichkeit, den Stand des Zwerchfelles ohne störende Eingriffe zu mustern.

Es versteht sich dabei nach obigem von selbst, dass die Grössenzunahme des nasocaudalen Durchmessers in der seitlichen Brusthöhlenregion am grössten ist; diejenige der Seitenbrustwand dürfte sich z. B. beim Pferde auf 12—15 *cm*, bei kleineren Thieren auf 5—7 *cm* zwischen tiefster Inspirations- und höchster Exspirationsstellung belaufen. Colin schätzt auf Grund seiner von der Bauchhöhle aus unternommenen Untersuchungen die mittlere Längendurchmesserzunahme der Brust beim Pferde auf 10—12 *cm*. Ganz kürzlich erst hat Hultkrantz seine Untersuchungen über die respiratorischen Bewegungen des menschlichen Zwerchfells veröffentlicht, welche er unter Einführung einer mit einem Gummiballen armirten Schlundsonde in den Magen in der Weise ausführte, dass er die Bewegungen des bis zur Kardia zurückgezogenen aufgeblasenen Ballons durch einen Hebel zeichnen liess, auf welchen die Ballonbewegungen mittelst eines im Schlauche laufenden Fadens übertragen wurden. Er erhielt bei normaler ruhiger Athmung inspiratorische Senkungen von 5,5—11,5 *mm*, bei maximaler Inspiration solche von 37—75 *mm*. Gleichzeitig bemass er die bei der Athmung erfolgende, durch das hinabsteigende Zwerchfell hervorgerufene, inspiratorische Volumszunahme des Unterleibes mittelst plethysmographischer Methode zu $^1/_8$ der Gesammtzunahme des Brustbauchvolumens, das der Einathmung von 490 *ccm* Luft entsprach. Colin endlich schätzt die inspiratorische Zunahme des dorso-ventralen Bauchdurchmessers auf 5—6 *cm*.

β) Die exspiratorischen Kräfte. Die oben gegebenen allgemeinen Darstellungen des Wesens der Lungenathmung wiesen bereits darauf hin, dass die Ausathmung oder Exspiration die Folge einer Verengerug des Brustraumes sei, welche eine Retraktion der Lunge nach allen Richtungen des Raumes gestatte und damit eine Ausstossung eines entsprechenden Theiles der in ihr enthaltenen Luft zur Folge habe. Die zur Verkleinerung der Lunge führenden Bewegungen erfolgen bei gewöhnlichem, ruhigem Athmen, ohne Zuthun von Muskelaktion im Wesentlichen durch die Elasticität der bei der vorhergehenden Inspiration aus ihrer Ruhe- oder Neutralstellung ausgehobenen Brustwandungen und Organe. Erst wenn sich der Athmung Hindernisse in der Luftströmung oder dem Gasaustausch entgegenstellen, also Athemnoth oder Beschwerde, Dyspnoë eintritt, bedarf die Exspiration der Mitwirkung von Hülfskräften, welche ihr von einzelnen Muskeln, den Exspirationsmuskeln, dargeboten werden.

αα) Die Verkleinerung des Querdurchmessers der Brusthöhle ist der Effekt der Rückkehr der Seitenbrustwände in ihre Ruhe-

lage oder Neutralstellung. Dieselbe ist die Consequenz der Erschlaffung der die Rippen bei der Inspiration naso-lateralwärts herausgehoben habenden bezüglichen Inspirationsmuskeln und der nunmehr zur Wirkung kommenden Elasticität der Wirbelrippen- und Rippenbrustbein-Verbindungen. Die durch den Zug der sich inspiratorisch contrahirenden Muskeln überdehnten Bänder kehren vermöge ihrer Elasticität auf ihre normale Form zurück, die Rippen werden dadurch caudo-medianwärts (rückeinwärts) eingezogen und nähern sich gegenseitig wieder. Die Schwere der Rippen und die Elasticität der gedrehten Knorpel fördern die Aktion der Bänder wesentlich.

Die in gleichem Sinne, also den Querdurchmesser der Brust vermindernden Muskeln sind: Mm. serrati postici inferiores, M. ilio-costalis s sacro-lumbaris, M. triangularis sterni, Mm. intercostales interni und M. obliquus abdominis externus.

ββ) Der Rückgang des dorso-ventralen Durchmessers der Brusthöhle wird durch die vorzugsweise von dem M. triangularis sterni veranlasste Verkleinerung des Rippenrippenknorpelwinkels herbeigeführt.

γγ) Der exspiratorischen Verminderung des naso-caudalen Brusthöhlendurchmessers kommt vor allem die Erschlaffung des Zwerchfells zu gute und die dadurch ermöglichte Entspannung der inspiratorisch gedehnten Bauchmuskeln und der comprimirten Magendarmgase.

Es wurde bereits oben darauf hingewiesen, dass durch die Contraction des Zwerchfells der Bauchhöhlenraum von vorn her vermindert werde, und dass sich diese seine Abnahme zunächst als ein auf die Bauchorgane wirkender Druck geltend machen müsse, der sich jedoch von diesen auf die nachgiebigen Parthien der Bauchwand im Allgemeinen übertrage (vgl. auch unten S. 610). Dadurch wurden diese insbesondere im ventralen Umfange des Abdomen hervorgedrängt d. h. über ihr natürliches Volumen ausgedehnt. Da nun die Gase des Magendarmkanals und nicht minder die Muskeln und Häute (besonders die gelbe Bauchhaut) der Bauchwand in hohem Maasse elastisch sind, so resultirt aus dem Nachlass des Druckes seitens des erschlaffenden Zwerchfells zunächst eine Expansion der Magendarmgase, sowie eine Rückkehr der überdehnten Bauchwand-Bestandtheile in ihre alte Lage. Beide Momente zusammen fördern die exspiratorische Einstellung des Diaphragma in hohem Maasse und geben so auch der Lunge selbst Gelegenheit, sich zu retrahiren. So wirken der elastische Druck des Bauchinhaltes und der Bauchwandungen und der elastische Zug der vordem noch stärker überdehnten Lunge vornehmlich als exspiratorische Kräfte. Sie allein führen schon zu einer Abnahme des Längendurchmessers der Brusthöhle, wie er zur Erzielung einer mässigen Luftausstossung hinreicht. Nur bei forcirter Ausathmung und bei Athembeschwerden durch mechanische Hindernisse und Elasticitätsnachlass der Lunge bedarf es der Mitwirkung der als Hülfskräfte

functionirenden Bauchmuskeln, durch deren Zusammenwirken eine allseitige Verkleinerung des Bauchumfanges erzielt wird.

δδ) Die Einzelwirkung der Exspirationsmuskeln. 1. Die Mm. serrati postici inferiores, die hinteren kleinen gezahnten Muskeln haben ihrem Verlaufe und ihrem durch die Dornfortsätze der Wirbel gebildeten fixen Punkte entsprechend die Fähigkeit, die hinteren (6 beim Pferde, 4 beim Rinde, 2 beim Hunde) Rippen zurück- und allerdings gleichzeitig auch herauszuziehen, der letztere Effekt wird indess durch die übrigen Exspirationsmuskeln augenscheinlich paralysirt. — 2. M. iliocostalis s. sacro-lumbaris, der gemeinschaftliche Rippenmuskel ist durch Colin's sorgfältige Beobachtungen und Experimentaluntersuchungen als ein mächtiger Exspirator erkannt worden, wenn es sich darum handelt, die Ausathmung zu forciren, z. B. beim Schreien und Stöhnen der Pferde. Der genannte Forscher sah ihn nach der Freilegung 20—25 *cm* langer Strecken während der Exspiration sich zusammenziehen, verdicken und derber werden und sich gleichzeitig von dem lateralen Rande des M. longissimus dorsi etwas entfernen und umgekehrt inspiratorisch abflachen und verbreitern. Da sowohl der Ursprung, wie der Ansatz seiner einzelnen Bündel an Rippen erfolgt, so wird seine Contraction eine gegenseitige Annäherung derselben an sich schon bedingen; dieselbe resultirt jedoch vorwiegend aus einer Zurückziehung je der nasalen Rippe gegen die caudale, da diese ihm den längeren Hebelarm bietet. — 3. M. triangularis sterni, der Brustbeinrippenmuskel nähert vermittelst seines medio-lateralen Verlaufes und seiner Fixation in der unveränderlichen Medianlinie des Sternum die wahren Rippenknorpel und ventralen Rippenenden der Medianebene in ausgiebigstem Maasse. Er wird so zu einem vortrefflichen Antagonisten der Mm. intercartilaginei, indem er die naso-lateralwärts herausgedrehten Rippenknorpel wieder caudo-medianwärts zurückdreht und den inspiratorisch vergrösserten Rippenrippenknorpelwinkel wieder verkleinert. Dadurch reducirt er gleichzeitig den vordem vergrösserten Höhendurchmesser der Brust. — 4. Der Wirkung der Mm. intercostales interni wurde bereits oben gedacht (s. Inspirationsmuskeln). Der kürzere Hebelarm, welcher diesen Muskeln je von der caudalen der ihnen Anheftung bietenden Rippen dargebracht wird, veranlasst es, dass die ausgiebigere Annäherungsbewegung von der nasalen Rippe ausgeführt wird. Vermittelst der genannten Muskeln wirkt also je die caudale Rippe zurückziehend auf die nächstvorangehende. — 5. Die Bauchmuskeln sind die kräftigsten Unterstützer der bisher genannten Exspirationsmuskeln, indem sie theils direct den Brustumfang verkleinern, theils den Bauchraum vermindern, die Bauchorgane in die Höhe heben und so gegen das Zwerchfell und damit indirect gegen die Brusthöhle drängen. M. obliquus abdominis externus, der grosse schiefe Bauchmuskel bildet mit seinem Genossen der anderen Seite einen die Brust und den Bauch seitlich und ventral umfassenden, verkürzungsfähigen Gurt, der in seiner Rippeninsertion seinen »fixen Punkt« d. h. den Ausgangspunkt seiner Wirkung hat. Von diesem aus vermag derselbe bei seiner Contraction insbesondere die letzten Rippen der Medianebene zu nähern und gleichzeitig die ventrale Bauchwand zu heben und so die Bauchorgane dorso-medianwärts zu deplaciren. Bei forcirten Exspirationen springt sein ventraler Rand entlang dem Rippenbogen ganz mässig hervor, sodass sich eventuell eine allerdings sehr seichte Rinne ungefähr parallel dem Rippenbogen vom caudalen Brustbeinende bis zur letzten Rippe hinaufzieht. M. obliquus abdominis internus, der kleine schiefe Bauchmuskel nähert durch seine Anheftung an den letzten Rippen diese der Medianebene, wie auch dem Becken und gleicht dadurch theilweis auch die heraushebende Wirkung der Inspiratoren aus; zudem vermindert er in Gemeinschaft mit dem vorigen den Höhendurchmesser der Bauchhöhle; bei Athemnoth verlängert er durch seine Aktion die an dem

ventralwärts gerichteten Abschnitte des Rippenbogens erscheinende Rinne caudalwärts und lässt so die »Dampfrinne« mit entstehen. Auch an seinem dorsalen Grenzrande bekundet der Muskel seine exspiratorische Cooperation, indem er die ventrale Begrenzung der Hungergrube während der Ausathmung stärker hervortreten lässt. M. rectus abdominis, der gerade Bauchmuskel verkürzt die Bauchhöhle und hebt die ventralwärts andrängenden vom Zwerchfell rückabwärts verlagerten Baucheingeweide wieder gegen die Wirbelsäule empor. Aber weit mehr als er betheiligt sich schliesslich gerade hieran, wie überhaupt an der Verminderung des Cavum abdominis der M. transversus abdominis, der Querbauchmuskel. In seiner Lumbarportion bildet der Muskel einen zu drei Viertheil geschlossenen Ring um den seitlichen und ventralen Bauchumfang, wodurch er den Bauchraum sowohl in querem, wie auch in dorsoventralem Durchmesser verkleinert; in seiner Costalportion ist er für die falschen Rippen, was der M. triangularis sterni für die wahren; er bringt die ventralen Enden jener einander näher und lässt so jene oben erwähnte seichte Rinne entlang dem ventralen Abschnitte des Rippenbogens entstehen.

Nach den bisher geschilderten Vorgängen, welche die Ausathmung herbeiführen, vollzieht sich der ganze Exspirationsakt unter Umständen in zwei Absätzen, deren erster als die Folge der elastischen Rückwirkung der Brust- und Bauchorgane aufgefasst werden darf, deren zweiter der eventuell activen Antheilnahme der Bauchmusculatur zuzuschreiben ist. Die unten folgenden Athmungscurven (s. Athemrhythmus) bieten in ihrem absteigenden d. i. exspiratorischen Curvenschenkel durch eine mässige Hebung in der halben Höhe desselben den graphischen Ausdruck dieser Katakrotie oder Doppelschlägigkeit (vgl. auch unten).

εε) Die Athembewegungen der luftleitenden Theile. Die concomitirenden Athembewegungen werden 1. im Bereiche der Nasenöffnungen durch die die Nase insgesammt als eine trichterförmig gestaltete Scheibe rings umlagernden radiären Fasern des M. compressor s. transversus nasi für den medialen Nasenflügel, den M. pyramidalis nasi für den lateralen Nasenflügel und durch den M. dilatator nasi inferior für den ventralen Nasenumfang bewerkstelligt. Bei grosser Athemnoth kommen ihnen als Erweiterer des vorderen Theiles der Nasenhöhle die Herausheber der »weichen Nase« d. h. die den Nasenkieferausschnitt umlagernden Muskeln der Nasenmuscheln und der Schleimhaut der Nasenseitenwand zu Hülfe. Cl. Bernard hält auf Grund einer Erfahrung, wonach ein Pferd, dessen beide Nn. faciales in der Wangengegend durchschnitten worden waren, sogleich an Erstickung zu Grunde ging, diese inspiratorische Erweiterung der Naseneingänge, jedoch nur beim Pferde, für ein wichtiges Accidens der Athmung; demgegenüber hat indessen Ellenberger*) (1881) durch controllirende Experimente in der gleichen Richtung den Beweis erbracht, dass dieses ganz vereinzelte Resultat augenscheinlich von zufälligen Verhältnissen bedingt war, und dass vielmehr die Naseneingänge, wenn sie auch nach der Operation enger wurden, ja bei aufgeregter Respiration durch Ansaugung der beweglichen Nasenflügel sogar gegen das Cavum nasale einsanken und Athembeschwerden erzeugten, doch in der Ruhe für den Durchtritt der erforderlichen Luft genügten. Uebrigens hat schon Legallois gezeigt, dass die inspiratorische Erweiterung der Naseneingänge keine conditio sine qua non

---

*) Ellenberger, Folgen der beiderseitigen Facialis-Durchschneidung beim Pferde; Arch. für wissensch. u. prakt. Thierheilkunde, Bd. VII. Heft 4 u. 5. 1881.

für die Athembewegungen des Rumpfes ist, insofern als sie noch einige Zeit hindurch, nachdem das Rückenmark dicht hinter dem Ursprunge des N. vagus durchschnitten, also die Athmungsbewegungen des Rumpfes ausgeschlossen worden sind, ja selbst an dem ganz vom Rumpfe abgetrennten Kopfe fortbestehen. — 2. Die Athembewegungen der Stimmbänder sind vorzugsweise abhängig von der Mitwirkung der Mm. arytaenoidei postici. Lähmung beider Muskeln muss Athemnoth bedingen, da die Stimmbänder erschlaffen und einander glottisverengend nahe rücken; Lähmung resp. Atrophie eines derselben, die regelmässige Folge der bei unserem Pferde nicht seltenen Lähmung vornehmlich des linken N. recurrens Vagi durch Druck der Aorta an der Umbiegungsstelle in der Brusthöhle oder durch entzündliche Miterkrankung bei Brustfellentzündung, Brustseuche etc., bedingt ein weniger in der Ruhe als bei angestrengter Athmung hervortretendes Schnarchen, Sägen oder Pfeifen bei der Inspiration, in höherem Grade auch bei der Exspiration, das sog. Pfeifen, to roar, le cornage.

ζζ) Pathologische Abweichungen in den In- und Exspirationsbewegungen. Das Quale der Respirationsbewegungen ist wesentlich abhängig von der physikalisch-anatomischen Beschaffenheit der Respirationsorgane; alle Störungen in der Elasticität des Lungengewebes, in der Permeabilität der Luftwege und der Grösse der respirirenden Oberfläche erzeugen auch Variationen in den Athembewegungen. Dieselben beziehen sich sowohl auf die Beschaffenheit der respiratorischen Rumpf-, wie auch der am Kopfe sich abspielenden concomitirenden Respirationsbewegungen. Die letzteren bestehen im Wesentlichen nur in einer stärkeren Eröffnung der Nasenöffnungen bezw. des Kehlkopfdurchganges; die Nasenöffnungen können z. B. beim Pferde zu weiten vierseitigen Löchern aufgerissen werden, welche die vergrösserte Basis eines stumpfspitzen Kegels werden, der durch ein Aufblähen der sog. Nasentrompete (»falschen Nase«, besser Naseneingangs-Blindsäcke) erzeugt wird. Allgemeine Zunahme der Respirationsbewegungen des Thorax und Abdomens ist das Zeichen einer abnormen Verengerung des Luftleitungsweges (Stenose). Stärkere inspiratorische Inanspruchnahme der Brustwandungen allein weist auf eine Art krampfhaften Verschluss der Alveolaröffnungen und Lumina durch die in deren Wandungen befindliche Musculatur. Absatzweise Inspirationsbewegungen glaubt Levi als ein charakteristisches Symptom des Lungenemphysems (»Dämpfigkeit«) ansehen zu dürfen; die ihrer Elasticität beraubten Alveolen setzen dem Eindringen der Luft keinerlei elastischen Widerstand entgegen, die Luft dringe deshalb schnell und unbehindert in sie ein, wenn nur die Brustwanderhebung ansetzt; die so aufgeblähten Alveolen bewirkten indirect schnelle Flankenerhebung (?); erst dann werde durch fortschreitende Muskelaktion die weitere Expansion des Brustkorbes mit gleichzeitigem flachen Hervortreten der Flanken die Luft auch in die noch elastischen und darum widerstandsfähigeren Lungenbläschen eingesogen; dieses zweite Theilstadium beanspruche deshalb längere Dauer. Allerhand Verdickungen der Bronchialwand, Brustwassersucht und Lungenlähmung erzeugen eine starke Elevation der falschen Rippen, welche inspiratorisch in erhöhtem Maasse nasolateralwärts herausgedreht werden (Dieckerhoff). Inspiratorische Erhebung der sog. Widerristparthie der Wirbelsäule und Vorwärtsbewegung der nasalen Brustparthie mit gleichzeitiger stärkerer Verbreiterung derselben durch Spreizen der Brustgliedmassen sind Symptome der Lungendyspnoë durch Lungenödem, diffuse Bronchitis etc. (Dieckerhoff). Besonders augenfällig sind weiter die Modificationen in den Exspirationsbewegungen durch die active Mitwirkung der Bauchmuskeln behufs Austreibung der CO_2-reichen Lungenluft als die Folgen diffuser Bronchiektasie, fibröser Bronchitis, des Hydrothorax, Lungen-

emphysems etc., um so der mangelhaften Elasticität des Lungengewebes durch Muskelaction zu Hülfe zu kommen. Die Doppelschlägigkeit der Exspiration wird dadurch eine entschieden ausgesprochenere, indem zunächst die ausgehobenen Rippen und Flanken sich senken und dann die letzteren auch noch einziehen; das Athmen wird so ein schlagendes oder wogendes (Flankenschlagen) und geht mit der Bildung der erwähnten »Dampfrinne« einher. Synchron damit soll eine Emporhebung der Wirbelsäule vom 9. Brustwirbel bis zum Kreuzbein und eine stärkere Rückeinwärtsziehung der Rippen erfolgen, wie sich andrerseits der bauchpressenartige Druck der Bauchmuskeln auch noch auf die Beckenorgane fortpflanzt und den After hervordrängen lässt (das sogenannte Afterathmen), eine Mitbewegung, welche bei gesunden Pferden kaum erkennbar ist und in erheblicherem Maasse nur nach starken körperlichen Anstrengungen in die Erscheinung tritt. Grösstmögliche Feststellung der seitlichen Brustwand im Inspirationsstande ist eine fast constante Begleiterscheinung der Brustfell-, besonders Rippenfellentzündung und entspringt der grossen Schmerzhaftigkeit der entzündlich gereizten Brustwand. Laulanié (1882) beschreibt die dyspnoische Doppelschlägigkeit als die Folge einer Vorwölbung des Bauches und Auswärtsbewegung der Rippenknorpel in dem äusserst kurzen Zeitabschnitte zwischen Ein- und Ausathmung. Ursache derselben ist nach seinen Versuchen die nach Schluss der Einathmung rasch zu Stande kommende Erschlaffung des Zwerchfells, wodurch die Elasticität der abdominalen Muskeln und der Luftdruck eine plötzliche Hebung der Bauchwand und eine Verschiebung der Verdauungsorgane nach vorn und dadurch speciell die Bauchvorwölbung bedingen soll.

B. **Die respiratorischen Lageveränderungen der Lungenränder und der dem Zwerchfelle benachbarten Bauchorgane.** 1. Bei aufmerksamer Beobachtung der subpleuralen Lungengefässverzweigungen an verschiedenen Stellen der durch Anbringung von Fenstern in den Intercostalräumen aber unter Erhaltung der Pleura costalis dem Auge zugänglich gemachten Lungenoberfläche gelingt es, sich davon zu überzeugen, dass kein Punkt derselben während der Athmung unveränderlich stillsteht, sondern dass jeder Punkt jeder Zeit in einem Hin- und Hervibriren zwischen Inspirations- und Exspirationsstellung begriffen ist. Von praktischem Interesse für die physikalische Untersuchung der Brustorgane ist es jedoch allein, die Lage des scharfen Lungenrandes in jener lateralen Abtheilung festzustellen, welche sich in den Winkel zwischen Seitenbrustwand und Costalportion des Zwerchfells hineinschiebt. Diese Linie fällt in der Exspirationsstellung keineswegs mit der Costalinsertion des Diaphragmas zusammen, sondern sie steigt beim Pferde, mittleren Exspirationsumfang der Lunge vorausgesetzt, etwa 2, in der Höhe des hintersten Punktes des Rippenbogens (d. i. der Verbindungsstelle der 18. Rippe mit ihrem Knorpel) sogar fast 3 Hand breit, beim Schafe ca. 1 bezw. 1,5 Hand breit von diesem herab. Im Zustande der höchsten Exspiration dürfte demnach auch caudal von den Brustgliedmaassen und ihren Muskeln beim Pferde nur der Raum zwischen den beiderseitigen 6., 7. und eventuell noch 8., beim Schafe und Hunde nur zwischen den 5., 6. und 7. Intercostalräumen in der ganzen Breite und Höhe der Brust (vom hintersten Theile des Herzens und den Mittelfellen mit ihren Organen abgesehen) von der Lunge ausgefüllt sein. An allen

caudal davon gelegenen Parthien schiebt sich die Masse der dem Zwerchfelle benachbarten Bauchorgane in die Concavität dieses Muskels und damit indirect auch in die der Lungenbasis hinein vor, sodass im Bereiche aller caudal von dem 8. Intercostalraum belegenen Abschnitte des Thorax nicht die Lunge allein, sondern gleichzeitig auch noch, caudalwärts an Masse zunehmende, Abtheilungen der Bauchorgane, ja im Bereiche des 14.—17. bezw. 10.—12. Intercostalraumes sogar die Bauchorgane allein den Brustkorb ausfüllen. — Demgegenüber lässt die inspiratorische Zwerchfellsstellung den lateralen scharfen Rand der Lunge sich um so weiter caudal verschieben, je tiefer Athem geholt wird. Bei tiefster Einathmung nimmt derselbe zweifellos seinen Verlauf in jenem Winkel, welcher durch die Seitenbrustwand und die Costalportion des Zwerchfells in der Costalinsertionslinie gebildet wird, d. i. etwa handbreit nasal resp. dorsal von dem Rippenbogen (s. Fig. 55).

2. Auf die Bauchorgane wirkt diese Zwerchfellsabflachung derart, dass deren Gesammtmasse, gegen die nachgiebigeren Theile der Bauchwand herandrängend, diese also die »Bauchdecken« ein wenig hervorwölbt (inspiratorische Vergrösserung des Bauchumfanges). Insbesondere wird dabei linkerseits die dem Zwerchfelle dicht anliegende Milz und der Magen eine auffallendere Verschiebung treffen. Beide Organe, welche in der Exspirationsstellung unter Zwischeneinschiebung nur des Zwerchfells der Seitenbrustwand fast in ihrer ganzen Ausdehnung dicht anliegen, werden inspiratorisch durch den sich abflachenden Muskel so gegen die Medianebene verschoben, dass ihre Flächen nicht mehr sagittal, sondern nasalwärts spitzwinkelig gegen jene Ebene ihre Richtung nehmen. — Ganz besonders eigenthümlich mag sich diese Lageveränderung des Zwerchfells in der Form der diesem anliegenden Fläche der Leber widerspiegeln. Vordem von convexer Beschaffenheit muss mit der inspiratorischen Zwerchfellsabflachung die nasale Fläche des rechten wie des linken Leberlappens geebnet werden, sodass jetzt diejenige des rechten in der Richtung von hinten (caudal) und rechts, die des linken in der von hinten und links gegen den Hohlvenenlauf hin vor- und einwärts (naso-medianwärts) sich abdachen muss. Es wird dadurch von beiden Seiten her ein Druck auf die gesammte Lebermasse ausgeübt, der nicht nur eine Umgestaltung der Form, sondern, was von grösserer Bedeutung sein dürfte, eine Beschleunigung des Blutabflusses gegen das Herz hin herbeiführen mag. Eine solche Formumgestaltung des Organs wird trotz seines dichten Baues durch die thatsächlich vorhandene geringere Consistenz des lebensfrischen als des todten Parenchyms ermöglicht. — Auch die übrigen Organe der Bauchhöhle dürften, soweit sie in der Nachbarschaft des Zwerchfells postirt sind, eine unbedeutende Rückabwärts- (Caudoventral-) Verschiebung erfahren, in Folge deren der After meist geringe passive Rückwärtsbewegungen ausführt, abgesehen von der durch den von dem Zwerchfellsdruck gesetzten Compression ihres Inhaltes, soweit derselbe gasförmiger Natur ist. Alle mit Gas theilweis angefüllten Organe erleiden deshalb wohl auch eine gewisse Volumensabnahme durch das sich inspiratorisch abflachende Diaphragma unter Mehrung der in ihnen herrschenden Gasspannung — ein Umstand, welcher für die Exspiration von immerhin nicht geringer Bedeutung ist (s. o. S. 605).

3. Die geschilderten Eigenthümlichkeiten in der Lageveränderung der Organe der Brust- und Bauchhöhle vermag man auch mit Hülfe der physikalischen Untersuchungsmethode für die Brust dem

Ohre wahrnehmbar zu machen. Die Beklopfung oder **Percussion** der Brust unter Zuhülfenahme eines gepolsterten Hämmerchens (Wintrich's Percussionshammer), mit welchem man je nach der Dicke der unterliegenden Lungenparthie mehr oder weniger stark auf eine als Unterlage dienende Elfenbein-, Horn- oder Metallscheibe (Piorry's Plessimeter) aufschlägt, ergiebt überall dort, wo eine stärkere Parthie lufthaltiger Lungensubstanz der Brustwand anliegt, einen Ton, welcher demjenigen des angeschlagenen leeren Weinfasses gleicht, einen »vollen Percussionston«. An dessen Stelle tritt dagegen, da, wo luftleer gewordene, mit entzündlichen Ausschwitzungsproducten z. B. gefüllte Lunge die Unterlage der Brustwand bildet, ein tonloser Schall, ähnlich demjenigen, welcher von dem in gleicher Weise angeschlagenen Schenkel herrührt, der »leere Percussionsschall«. Sind die der Brustwand anliegenden Theile nur sehr schmal und deren Nachbarn luftleere, von dichtem Parenchym gebildete Organe, so wird der Ton nur bei sehr leichtem Anschlagen des Plessimeters ein voller, bei stärkerem Beklopfen aber ein »gedämpfter«; befinden sich endlich einwärts von der Brustwand grössere unseptirte Luft- resp. Gasbehälter, so z. B. der Magen oder der Darm, so erhält man einen Ton von der Eigenart der angeschlagenen Trommel, den »tympanitischen Percussionston«. Diese Erfahrung giebt uns die Mittel an die Hand, die Grenzen der Lunge und die Dicke der der Brustwand anliegenden Lungensubstanz festzustellen — und das zwar bei entsprechend sorgfältiger Beachtung der augenblicklichen Athemphase für die inspiratorisch ausgedehnte, sowie für die exspiratorisch eingezogene Lunge. Die Grenze des vollen Lungentones muss danach bei der Inspiration weiter nach rückwärts rücken; derselbe wird dagegen während der Exspiration in der hinteren Parthie des Brustkorbes einem tympanitischen Magen- resp. Darmtone und in entsprechender Gegend der linken Brustwand einem leeren Milzschalle Platz machen, und sich so beim Pferde im Falle tiefer Exspiration nur über die mittleren (etwa 6.—9.) Intercostalräume in ihrer ganzen Ausdehnung, über die 10.—13. höchstens im Bereiche ihrer zwei resp. eines dorsalen Dritttheils erstrecken. Daher kann es denn auch kommen, dass man im caudalen Dritttheil der seitlichen Brustwand je nach der In- und Exspirationsstellung des Diaphragmas an der nämlichen Stelle verschiedene Percussionsgeräusche vernimmt. Da unter gewöhnlichen Verhältnissen indessen die Athmung eine oberflächliche ist, und somit die Verschiebungen der Lungenränder keinen übermässigen Umfang erlangen, so werden auch die Differenzen in den Resultaten der physikalischen Brustuntersuchung nicht so grosse sein, wie oben für die extremen Respirationsbewegungen angedeutet wurde.

C. Die **Ausgiebigkeit der Athmung** mit Rücksicht auf das **Volumen des einzelnen Athemzuges**. Bei der hermetischen Einfügung der Lunge in den Brustkorb und der Abhängigkeit des Volumens derselben von der Stellung der Brustwandungen ist es der jederzeit über ihren natürlichen Umfang ausgedehnten Lunge unmöglich, sich auf diesen zurückzuziehen.

Es ergiebt sich daraus, dass die Lunge intra vitam jeder Zeit, also auch im Zustande der höchsten Exspiration, einen gewissen Luftgehalt bewahren muss, dass also auch niemals die gesammte jeweilig in der Lunge enthaltene Luft dem Wechsel unterworfen werden kann. Es wird somit wesentlich von der Tiefe der Athmung abhängig sein, ein wie grosser Theil der Lungenluft jeweils von dem Respirationsorgane ausgestossen und nachfolgend inspiratorisch durch atmosphärische Luft ersetzt wird.

Nach dem Vorgange Hutchinson's (1846) haben sich die Physiologen gewöhnt als Fassungsvermögen der Lunge diejenige Menge von Luft zu bezeichnen, welche das vollkommen retrahirte Organ bis zu dem Zustande höchster Dehnung (also etwa bis auf die tiefste Inspirationsgrösse) aufzunehmen vermag. Diejenige Menge von Luft dagegen, welche es nach höchster Exspiration noch beherbergt, ist die Residualluft genannt worden. Die Differenz zwischen Lungencapacität und Residualluft bildet die Vitalcapacität, weil dieselbe das Quantum Luft darstellt, welches nach denkbar möglichster Exspiration durch die möglichst tiefe Inspiration intra vitam aufgenommen, oder nach dieser durch jene ausgestossen werden kann. Bei ruhiger Athmung wird jedoch nicht einmal das dieser Vitalcapacität entsprechende Luftvolumen gewechselt, sondern meist nur ein Bruchtheil derselben, die Respirationsluft. Von der Höhe einer ruhigen Einathmung bezw. einer ruhigen Ausathmung kann bis zu maximaler Inspiration resp. Exspiration noch eingeathmet bezw. ausgetrieben werden ein Luftquantum, welches man im ersteren Falle Complementärluft, im letzteren Reserveluft nennt.

So weit möglich, habe ich versucht, die obengenannten Volumina für das Pferd festzustellen, für den Menschen sind sie durch Hutchinson, Vierordt, Davy und Gréhant, Haeser, Pflüger etc. gemessen worden.

Die Gesammtcapacität der Lunge des Pferdes erhielt ich durch vorheriges Aufblasen des nach Möglichkeit luftentleerten Organes und nachfolgendes Auffangen der durch die Lungenelasticität und nachfolgendes vorsichtiges Drücken der Lunge auszutreibenden Luft unter Wasser. Sie beläuft sich danach nicht, wie Franck angiebt, auf nur 15 *l*, sondern erreicht selbst die dreifache Grösse dieses Quantums; bei mittelgrossen Pferden 40—42 *l* im Mittel. — Für die Residualluft erhielt ich durch Auffangen der Luft unter Wasser, welche bei Exspirationsstellung, wie sie durch Verblutungstod erzielt wird, nach Eröffnung des Cavum pleurae durch die elastische Kraft der Lunge noch ausgetrieben wird, ein Quantum von 7—17 *l*; die grosse Differenz hat ihren Grund in der verschiedenen Grösse der benutzten Versuchsthiere, in der ungleichen Elasticität d. i. Austreibungskraft der Lunge und vor allem auch in der mehr oder minder vollkommenen Exspiration, welche das Thier als letzte in der Agone ausgeführt hat. Beim Menschen ist sie auf 1230—1640 *ccm* festgestellt worden. — Für die vitale Capacität würde sich dann beim Pferde eine Menge von ca. 25—30 *l* ergeben; beim Menschen hat man sie zu ca. 3500 *ccm* bemessen. —

Die mittlere Respirationsluftmenge kann beim Menschen leicht durch Ausathmung in ein Hutchinson'sches Spirometer gefunden

werden; sie beträgt nach Vierordt ca. 500 *ccm*. Bei Pferden versuchte ich dieselbe so festzustellen, dass ich im Momente des Beginns der Ausathmung eine Nasenmaske anlegte und die durch diese abgefangene Luft mittelst Gummischlauches in das Spirometer leitete; die Methode hat manche Fehlerquelle an sich; und daher kommt es, dass deren Quantität nur auf 1,5—2 *l* im Mittel, seltener auf 3 *l* bemessen werden konnte. Mit Freuden ist es deshalb zu begrüssen, dass Zuntz und Lehmann neuestens (1889) die Doppelventilkanüle (s. o. S. 568) hierfür zur Anwendung brachten. Ihre Einrichtung gestattet bei dauernder Einlegung in die Trachea oder vor die durch Maske abgeschlossenen Nasenöffnungen gleichzeitig Ein- und Ausathmung und damit Ueberleitung der exspirirten Luft in den messenden Apparat, als welchen sie die Gasuhr benutzten. Sie fanden so die Grösse der Respirationsluft bei ruhiger Athmung zu 30—60 *l* in 1', was für den einzelnen Athemzug ein Quantum von ca. 4,5—5 *l* ergiebt mit Schwankungen von 1—9 *l*; Girard und Zuntz mit Lehmann beobachteten gewisse Unregelmässigkeiten im Athmungsrhythmus, welche sich auch durch die Capacität des Athemzuges aussprachen; nach einer Reihe von 5, 6, 7 gleichen, flachen Athemzügen mit je 1—2 *l* Athemgrösse vollzog sich fast in regelmässiger Wiederkehr eine tiefe Respiration mit 8—9 *l*. Die Athemgrösse wurde deshalb für 1' bei ruhenden Pferden im Laufe einer längeren Beobachtungsdauer zwischen 27—107 *l* schwankend, bei Maskenathmung im Mittel zu 69 *l*, bei Athmung durch die Trachealkanüle zu 44 *l* gefunden. Das Mittel scheint bei ruhiger Respiration näher der unteren als der oberen dieser beiden Grenzen zu liegen und kann auf ca. 50 *l* in 1' angenommen werden. Daraus geht hervor, dass bei ruhiger Athmung nur etwa $^1/_5$—$^1/_6$ der der Vitalcapacität entsprechenden, also überhaupt ausstossbaren Luftmenge gewechselt wird.

Durch Arbeit wird die Athmemgrösse wesentlich vermehrt; angestrengte Thätigkeit liess sie beim Pferde in 1' auf über 400 *l*, mässige Arbeit auf 280—300 *l* ansteigen. —

D. **Die Athmungsgeräusche***). Nachdem bereits Hippokrates gewisse durch das Ohr wahrnehmbare Geräusche bei Behorchung der Brustwand festgestellt hatte, wurde doch erst im Anfange unseres Jahrhunderts durch Laënnec die **Auscultation**, die Behorchung der Brust, als diagnostische Methode für die Beurtheilung der Lungenerkrankungen zum System ausgebildet. Skoda, Rokitansky, P. Niemeyer, Baas und Andere bemühten sich besonders um die theoretische Erklärung der diversen Geräusche; französische und deutsche Thierärzte (Dupuy, Leblanc, Delafond, J. D. Hofacker, Müller, Crocq, Röll, Vogel u. A.) bedienten sich zuerst derselben behufs Feststellung der

*) Eine eingehende Darstellung derselben findet man in Ed. Jul. Vogel, Lehrbuch der physikalischen Diagnostik der Krankheiten der Hausthiere. Stuttgart. 1874.

anatomischen Veränderungen in der Lunge während des Lebens. Die ganze Methode beruht auf der genauen Kenntniss der normalen Athmungsgeräusche, des Vesiculärgeräusches und des Bronchial- oder Trachealgeräusches; sie bedient sich dazu der unmittelbaren Auscultation durch directes Auflegen des Ohres auf die Brustwand oder der mittelbaren Auscultation, welche letztere unter Zuhülfenahme des Brustbehorchers oder Stethoskopes (στῆθος Brust, σκοπεῖν beobachten) eines zwischen Brustwand und Ohr einzufügenden Höhrrohres verschiedenster Construction ausgeführt wird.

a) Das Vesiculärathmen oder Bläschengeräusch ist ein dem schlürfenden Geräusche ähnlicher Schall, welcher entsteht, wenn man Luft durch die für die Aussprache des W eingestellte also sehr enge Mundspalte einsaugt. Man hört dasselbe überall dort, wo lufthaltige bezw. zugängliche Lungenparthien der Brustwand anliegen, vorzugsweise während der Inspiration; während der Exspiration fehlt es oder ist es nur sehr schwach und macht einem weichen, hauchenden Geräusche Platz. Füllung derselben mit flüssigen oder festen Exsudatmassen lässt es verschwinden oder sich abändern. Dasselbe ist also an das Vorhandensein normaler und für Luft zugänglicher Lungentheile gebunden. Aber seine Entstehungsweise ist trotz sorgfältiger zum Theil experimenteller Untersuchungen noch Gegenstand der Controverse.

Laënnec und Skoda führten das Vesiculärgeräusch auf die Reibungen der Lufttheilchen an den Wandungen der feinen Bronchiolen und Luftzellen zurück, deren Contractionskraft die eintretende Luft zu überwinden habe (»Reibungstheorie«). Nachdem jedoch experimentell der Nachweis erbracht worden war, dass durch Röhren streichende Luft sogar dann keine Geräuschbildung veranlasst, wenn bei gleichbleibendem Kaliber deren Wand auch rauh und uneben ist, kam Beau auf die Idee, dass das Bläschengeräusch ein fortgeleitetes Geräusch sei, welches nichts anderes als einen in dem grossen »Schallwellenbett« der Lunge abgeschwächten Widerhall des in dem Kehlkopf, der Luftröhre und den Bronchien entstehenden Bronchialathmens darstelle (»Widerhalltheorie). Als Bestätigung dieser Ansicht führt Baas an, dass man bei Auscultation des Larynx durch eine aufgeblasene der Laryngealgegend aufgelegte Thierlunge hindurch wirklich ein vesiculäres, nicht ein bronchiales Athmungsgeräusch zu hören bekommt, während ein dichtes Organ, wie die Leber in der gleichen Weise applicirt, nicht ein Vesiculärathmen, sondern das Trachealathmen wiedergiebt. Delafond zeigte demgegenüber an der Hand von Versuchen, als deren Resultat sich das Fortbestehen des Bläschengeräusches wenn auch in geringerem Maasse bei Thieren ergab, welche nach Abtrennung der Luftröhre von dem Larynx nur durch jene allein zu athmen vermochten, dass das fragliche Vesiculärgeräusch nicht ausschliesslich auf Kosten des fortgepflanzten Laryngealgeräusches gesetzt werden kann Und neuestens (1889) hat Dehio experimentell festgestellt, dass, wenn in die Bronchien einer durch intravesiculäre Glycerininjection noch gut elastisch erhaltenen Lunge kleine Wattbäuschchen gesteckt werden, das Bronchialgeräusch durch Einblasen von Luft mittelst eines Blasebalges zum Verschwinden gebracht wird, während das Vesiculärgeräusch in der Lunge noch ebenso deutlich und laut, wie vor der Einfügung der Wattbäuschchen fortbesteht.

Nach alledem dürfte das Vesiculärathmen im Wesentlichen als

ein in der Lunge autochthon entstehendes aufzufassen sein, das allerdings intra vitam durch das Bronchialathmen verstärkt zu werden scheint. Seine Entstehung ist thatsächlich wohl auf Oscillationen zu beziehen, welche sofort als Geräusch wahrnehmbar werden, wenn Luft durch ein stellenweis verengtes Rohr streicht; als solche Stenosen treten der eindringenden Luft die im Kehlkopf gegebene Stimmritze, sowie die in den Lungen befindlichen engen Alveolarzugänge der Bronchiolen und Infundibula hindernd in den Weg (Talma, Baas); es ist danach hauptsächlich »Stenosengeräusch«. Vielleicht kommt dazu ein Vibriren der Alveolarwand bei der inspiratorisch erfolgenden Ausdehnung (Gerhardt).

b) Das bronchiale (laryngeale oder tracheale) Athmungsgeräusch, welches sowohl in- wie exspiratorisch bei Anlegung des Ohres an die Kehlkopfgegend und den ventralen Halsrand als ein dem tonlos ausgehauchten h oder ch vergleichbares Geräusch gehört werden kann, nimmt seinen Ausgang von den in dem Larynx entstehenden Luftschwingungen und wird exspiratorisch verschärft durch die Erschütterungen, welche die Lufttheilchen bei ihrem Uebertritte aus den in Summa weiteren Bronchien in die je für sich engeren Mutterstämme und schliesslich in die Trachea erleiden. Es ist also auch im Wesentlichen Stenosengeräusch. In Folge pathologischer Veränderungen der Lunge, wie Verdichtung des Gewebes, durch Exsudatmassen, welche sich in die Alveolen ergossen haben, sowie durch Compression mittelst Brustfellexsudaten pflanzt sich das bronchiale Athmen auch durch deren Substanz bis zu dem auf die Seitenbrustwand aufgelegten Ohre fort und bietet uns dadurch ein sicheres Zeichen für die angedeuteten intrapulmonalen Processe pathologischer Natur.

c) Pathologische Abweichungen der Athmungsgeräusche. Die grosse Summe der pathologischen Geräusche hier aufzuführen, deren sich die physikalische Diagnostik der Brustorgane behufs Constatirung von deren Erkrankungen bedient, ist hier nicht der Platz. Es scheint indess erwähnenswerth, dass jede theilweise Füllung der Alveolen und Bronchiolen mit flüssigem Exsudat wässrigen oder schleimigen Charakters ein Rasseln erzeugt, welches an das Blasenspringen der Luft in Flüssigkeiten erinnert, und je nach der zäheren oder flüssigeren Consistenz der Füllungsmassen feucht oder trocken, gross- oder kleinblasig, eventuell als Knisterrasseln erscheinen kann; bei sehr zäher Beschaffenheit der Ausschwitzungsproducte und gleichzeitiger stärkerer Schwellung der Schleimhaut wird es ein Schnurren oder Knarren, dem Lederknarren ähnlich. — Tritt an die Stelle normalen Lungengewebes eine grössere, mit einem Bronchus in Zusammenhang befindliche Lufthöhle (Caverne), oder sammelt sich zwischen der noch ausdehnungsfähigen Lunge und der Brustwand Luft an, so entsteht das amphorische Geräusch als ein etwa dem Geräusche einer angeblasenen Flasche vergleichbarer Schall, der einen metallisch klingenden Nachhall besitzt. — Gleichzeitige Anwesenheit von Flüssigkeit und Luft in dem Cavum pleurae bei zusammengefallener Lunge erzeugt ein Geräusch, wie wenn Wasser und Luft in geräumiger Flasche geschüttelt werden. Hippokrates nannte es deshalb das Succussionsgeräusch. — Die Stimme veranlasst bei lautem Sprechen oder Singen in der Nähe der grösseren Bronchien, besonders deutlich

deshalb beim Menschen in den mittleren Parthien der dorsalen Brustwand ein Schwirren und unverständliches Summen, das in den zur Stimmbildung führenden Stimmbandschwingungen seinen Grund hat und sich vom Larynx abwärts in die grossen Bronchien fortpflanzt und so auch den nachbarlichen Brustwandungen mittheilt; es ist der Pectoralfremitus. — Die durch Brustfellentzündung verdickte und rauhgewordene Lungenpleura erzeugt bei ihrem Vorbeigleiten an der Costalpleura ein eigenthümliches Reibephänomen, das deutlicher vernehmbar wird, wenn auch das Rippenfell die gleiche Veränderung getroffen hat.

E. Der **Athemrhythmus** und die **Athemfrequenz**. In dem Athmungsvorgange besteht nach den obigen Auseinandersetzungen eine gewisse Regelmässigkeit, welche sich sowohl auf die einzelnen Phasen eines Athemzuges als Athemrhythmus, sowie auch auf die in gewisser Zeiteinheit also z. B. in 1′ abnehmbare Zahl der Athemzüge als Athemfrequenz bezieht. Die letztere Regelmässigkeit ist die nothwendige Consequenz der ersteren.

a) Die **Athemfrequenz** unserer Haussäugethiere festzustellen, war schon vielfach Gegenstand thierärztlicher Forschung; die erhaltenen Resultate sind trotzdem keine ganz übereinstimmenden; das erklärt sich vor allem aus den mancherlei Unregelmässigkeiten, welche sich für die Athmung als gewöhnliche Erscheinung ergeben; die mannigfachsten äusseren Einflüsse und das augenblickliche Athmungsbedürfniss des Individuums sind die Ursache davon; sie lassen auch die Athemgrösse in hohem Maasse wechseln. Oft kommt es vor, dass nach einer Reihe flacher Respirationen eine tiefe Athmung folgt (Zuntz und Lehmann). Als der Norm entsprechende Frequenzen ergeben sich innerhalb 1′ nach den Daten von Weiss, Fürstenberg, C. F. Müller, Rainard und Delafond, die ich für das Pferd, Rind und Schaf mit meinen ehemaligen Schülern Linck, Haubert und Hildebrand controlirt und vervollständigt habe,

für das Pferd von 9—13 (8—12) mit Schwankungen von 6—14,
» » Rind von 15—21 (12—15—18) mit Schwankungen von 12—25,
» » Schaf und die Ziege von 19—22 (12—20, 13—16) mit Schwankungen von 14—30,
» » Schwein von (10—) 15—20,
» den Hund von 15—20 mit Schwankungen von 14—25,
» die Katze von 20—30,
» das Kaninchen von 50—60,
» Ratten und Meerschweinchen von 100—150,
» den Menschen von 12—19,
» » Walfisch von 4—5.

b) Einflüsse auf die Athemfrequenz. Die vorstehende Tabelle demonstrirt die Thatsache, dass 1. bei grösseren Thieren die Athemfrequenz geringer ist als bei kleinen Thieren; deshalb sind auch die Schwankungen derselben beim Hunde die weitesten, die kleineren Individuen dieser Species haben mehr Athemzüge als die grösseren. 2. Entschieden weniger augenfällig ist die Wirkung des Geschlechtes gegenüber der Athemzahl. Fürstenberg (1873) findet bei Bullen 24, bei Ochsen 20, bei Kühen 21—22, ich 21 für jene und 19—20 für die letzteren als

mittlere Frequenz; dagegen entnehme ich meinen Zählungen 10 Athemzüge für den Hengst (allerdings vorzugsweise arabischer Abstammung), 12—13 für den Wallach, 12 für die Stute. 3. Auch die Rasse scheint nicht ganz bedeutungslos; arabische Hengste hatten 9 (6—12), englische Vollbluthengste 10,6 (7—15), Halbbluthengste 11,6 (9—15) Athemzüge. 4. Auch bei dem gleichen Geschöpfe treten mannigfache Fluctuationen hervor; dieselben sind z. B. bedingt durch das Alter der Thiere; jüngere Thiere scheinen etwas schneller zu athmen als ältere, junge Fohlen 10—13, 12 tägige Kälber 20, 3 Wochen alte 24—28, 3 Monate alte 28—30, Lämmer 16—17, junge Hunde 18—20 mal. Auffallender ist die Abnahme der Athemfrequenz mit der Zunahme des Lebensalters beim Menschen, sie beträgt nach Quetelet im 1. Lebensjahr = 44, 5. = 26, 15.—20. = 20, 20.—25. = 18,7 und im 25.—50. = 16. 5. Des Weiteren begegnet man Schwankungen abhängig von den Einflüssen, welche alltäglich im Gefolge der Thätigkeit, Verdauung, Ruhe und Schlaf, Körperstellung etc. als Tagesfluctuationen wiederkehren. Dieselben werden sich naturgemäss am engsten an die Fluctuationen der Eigenwärme des Körpers anschliessen müssen, da die Athmung ein wichtiges Hülfsmittel der Wärmeregulation darstellt; meine bezüglichen Untersuchungen lassen dieselben dahin deuten, dass im Allgemeinen die Zahl der Athemzüge am Tage grösser ist als Nachts (11—13 gegenüber 9—10 beim Pferde), dass aber 2 bis 4 Stunden nach der Futteraufnahme eine Remission um ca. 2 Athemzüge durch etwa 1—2 Stunden zu Stande kommt. Zwischen 5 und 7 Uhr Nachmittags erreicht die Athemfrequenz ihr Maximum, zwischen 1 und 6 Uhr Vormittags ihr Minimum. Fürstenberg zählte bei Kühen im ruhigen Schlafe 21—22 (19—24), während der Ruminationsruhe in liegender Stellung (27—28) 32 mit Schwankungen von 24—36, bei 3 Wochen alten, ruhig stehenden Kälbern 28, bei solchen in tiefem Schlafe 24 Respirationen. Die Anhäufung von Gasen, wie sie bei den Wiederkäuern normaliter im Pansen während der Verdauung vorübergehend vorkommt, lässt die Athemzüge von 31 auf 44 ansteigen; die Rumination führt weiterhin eine gewisse Unregelmässigkeit im Athmungsrhythmus herbei, indem eine grössere Pause durch die für die Ausstossung des Bissens erforderliche inspiratorische Thoraxstillstellung und eine geringere Pause durch das Abschlucken des wiedergekauten Bissens erzeugt wird. Ebenso lässt die Trächtigkeit die Athemfrequenz zunehmen. 6. Einen nicht unwichtigen Antheil an der Erhöhung der Athemfrequenz während des Tages nimmt die Höhe der Umgebungstemperatur; die tägliche Erfahrung lehrt die Zunahme der Athemfrequenz mit derjenigen der Luftwärme; alle Thiere bieten uns den Beleg dafür, vorzugsweise aber die Wiederkäuer und Hunde. Bei Rindern steigert die Sommerwärme und der dunstig-warme Stall die Athemfrequenz bis zum Doppelten bezw. Dreifachen der Mittelzahl (40—60 p. M.); bei Schafen und Hunden tritt ein derartig frequentes und oberflächliches Athmen oft unter weitem Oeffnen des Maules (»Hecheln«) ein, dass man nur mit Mühe die Zahl der Athemzüge feststellen kann.

Von grösster Bedeutung für die Untersuchung auf die Beschaffenheit der Respirationsorgane bei der Feststellung der »Dämpfigkeit« der Pferde ist die Erkenntniss des Einflusses der Körperbewegung auf die Athemfrequenz. Die vorhandenen Litteraturangaben, welche sich auf die Steigerung der Athemzahl mit der Bewegung und die Wiederberuhigung des accelerirten Athemgeschäftes beziehen, sind sehr spärlich und unbestimmt. Gerlach, der die Zahl der Athemzüge während und nach kurz dauernder Bewegung des Pferdes unter dem Reiter für seine gerichtliche Gutachten über das Vorhandensein des

Gewährsfehlers »Dämpfigkeit« öfter geprüft zu haben scheint, äussert sich nur dahin, dass bei Bewegung im scharfen Trabe unter dem Reiter oder vor einem leeren und auch theilweise belasteten Wagen auf festem Boden oder im langsamen Trabe auf lockerem Boden innerhalb 5—10′ die Athemfrequenz auf 25—35 beim gesunden, auf 50—70 beim »dämpfigen« Pferde ansteige, abgesehen von der Athmungsbeschwerde, welche sich durch abnorme Athembewegungen der Nasenflügel und Bauch- und Brustwandungen documentire und der lang andauernden Beruhigung, die nach jener Bewegung beim normalen Pferde in 2 bis 5 Minuten, beim dämpfigen in 10′—15′ erst die Athmung zur Norm zurückkehren lasse. Schmidt-Mülheim giebt in seiner Physiologie an, dass beim Trabe die Athemfrequenz auf 50—60, beim Galopp auf 60 bis 70 Züge emporgehe. Friedberger und Fröhner geben die Zahl der Athemzüge bei dämpfigen Pferden auf 50—60 p. M. nach 5 Minuten langer, auf 80—100 (statt ca. 50) nach $^1/_2$—1 stündiger Bewegung an und nennen als Beruhigungszeiten nach halbstündiger bezw. einstündiger Bewegung 10—20′, bezw. 20—30′ für gesunde, 30 resp. 60′ dagegen für dämpfige Pferde. Dieckerhoff sagt in seiner speciellen Pathologie und Therapie für Thierärzte, dass oft 30—40, zuweilen bis 60′ und darüber vergehen, bevor sich die Pferde von der Dyspnoë bei Dämpfigkeit vollständig erholt haben. Etwas eingehendere Auskunft über die Frage der durch Muskelaction herbeigeführten Beschleunigung der Athmung giebt Colin in seiner Physiologie; danach athmet ein ruhig gehendes Pferd nach Zurücklegung einiger hundert Meter 28mal, nach wenigen Minuten hat sich hiernach seine Athmung beruhigt; nach 5 Minuten langem Trabe hatte es beim Anhalten 52 Respirationen, 3′ darauf 40 und noch später 33 Athemzüge. Ein 5 Minuten dauernder Galopp liess die Athmung auf 65, ein anderes Mal auf 96 Züge ansteigen. Bei langsamem oder schnellem Schrittgange vor dem schweren Wagen soll die Respiration nicht sehr beschleunigt sein, aber von dem Momente des Stillhaltens steige sie plötzlich bis zu einer Höhe, welche derjenigen nach rapidem Laufe fast gleichkomme; ganz Aehnliches treffe für das Rind zu. Schnelle Vorwärtsbewegung eines Wagens auf horizontalem Boden dagegen erzeugte 86, dann 100 und 110 Respirationen. Ueber eine bestimmte Höhe erhebt sich die Athmung nicht hinaus; nach Zurücklegung eines Weges von 3—4 *km* betrug die Frequenz eines Wagenpferdes 70—80, nach derjenigen von 6 *km* nur um 3 bis 4 Züge mehr. — Im Anschluss hieran habe ich nun in Gemeinschaft mit meinen ehemaligen Assistenten und Schülern Gmelin, Kurtz und Haas eine grössere Zahl von Untersuchungen über das Anwachsen der Respirationsfrequenz des Pferdes theils am Wagen, theils unter dem Reiter ausgeführt; ich entnehme den bezüglichen Ergebnissen folgende, durch die beigegebenen Curven illustrirten Sätze: 1. $^1/_4$ stündige Bewegung auf ebenem Terrain, gleichgiltig ob unter dem Reiter oder vor dem leichten Wagen, lässt die Zahl der Athemzüge auf ca. 30 bis 35 (mit Schwankungen von 26—40), diejenige der Pulse auf ca. 58

bis 60 (48—68) ansteigen; die Beruhigung des accelerirten Athemgeschäftes ist im Allgemeinen innerhalb $^1/_2$ Stunde, die der Herzthätigkeit in 20′ erfolgt (c. Fig. 57, Curven *R* $^1/_4$ und *P* $^1/_4$). — 2. $^1/_2$ stündige Bewegung im Mitteltrabe am leichten Wagen steigert die Zahl der Athemzüge auf 38—40—45, der Pulse auf ca. 70; das Maximum der Beschleunigung mit ca. 40—45 Athemzügen wird schon am Ende der ersten Viertelstunde erreicht, während der zweiten Viertelstunde bleibt sie im Allgemeinen gleich

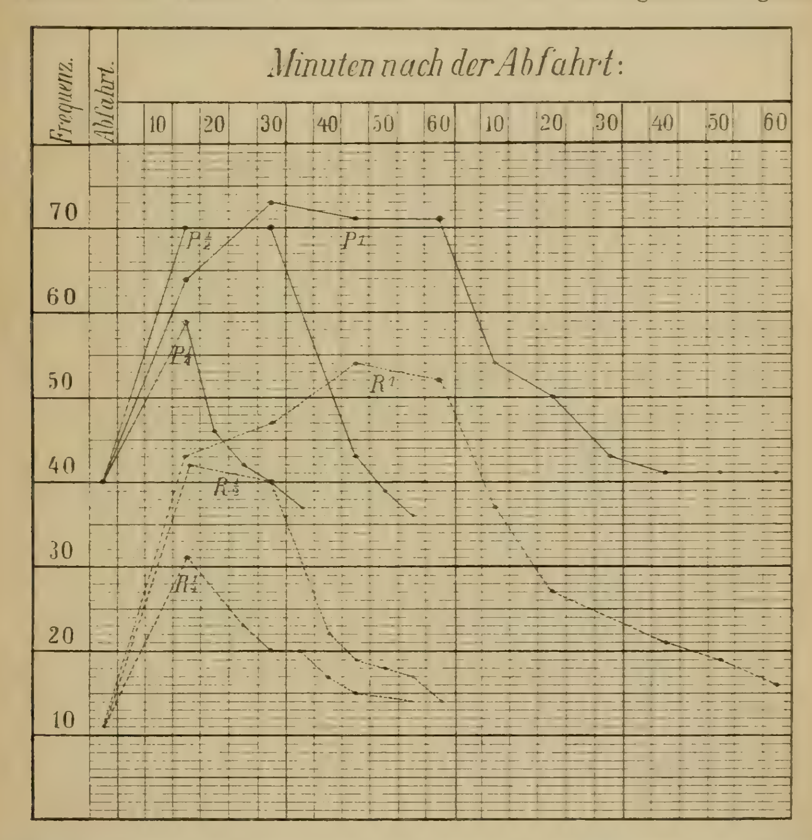


Fig. 57. Curven zur Demonstration des Ganges der Beschleunigung und Wiederberuhigung der Athmung (*R*) und Herzaction (*P*) während und nach der Bewegung des Pferdes im Mitteltrabe am Wagen bezw. unter dem Reiter.

Die beigedruckten Brüche resp. Zahlen deuten die Dauer der der Curve zukommenden Gesammtbewegung in Stunden für die Athemfrequenz (*R*) und die Pulsfrequenz (*P*) an.

hoch; nach erfolgter Einstellung des Thieres in den Stall nimmt die Beruhigung $^1/_2$ Stunde für die Athmung, 25′ für die Herzthätigkeit in Anspruch. Unter dem Reiter steigt die Athemfrequenz, wenn das Thier zuletzt im Galopp geritten wird, leicht auf 48—50, die Herzaction auf 80—90, die Beruhigung erfolgt darum nicht langsamer (s. Fig. 57, Curven *R* $^1/_2$ und *P* $^1/_2$). — 3. 1 stündige Fahrt lässt die

Athmung schliesslich bis auf 50—55 Züge, die Herzthätigkeit auf 70—75 Schläge sich erheben, nachdem sie bereits nach der ersten Viertelstunde die Höhe von 40—45 bezw. 60—65, und in den nächsten beiden Viertelstunden einen Zuwachs von je 5 Zügen resp. Schlägen erfahren haben; in der vierten Viertelstunde erfolgt keine neue Zunahme, sondern namentlich, wenn das Terrain ein ebenes oder zuletzt gar absteigendes eher eine Abnahme der bezüglichen Frequenzen (s. Fig. 57, Curven *R* 1 und *P* 1). Der Rückgang zur Ruhe läuft innerhalb 1 Stunde in dem Athmungs-, innerhalb $^3/_4$ Stunde in dem Circulationsvorgange ab. — 4. Länger ausgedehnte z. B.

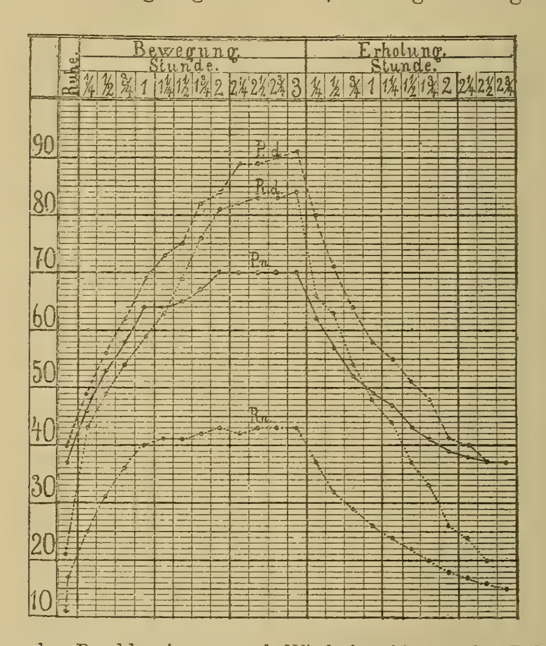


Fig. 58. Gang der Beschleunigung und Wiederberuhigung der Puls- und Athemfrequenz des Pferdes bei und nach 3stündiger Bewegung im Zugdienste.
P.n. Pulsfrequenz normaler, *P.d.* Pulsfrequenz dämpfiger Pferde, *R.n.* Respirationsfrequenz normaler, *R.d.* Respirationsfrequenz dämpfiger Pferde.

3 stündige Fahrten, deren Erfolg für die Athmungs- und Herzfrequenz von Pferden, welche im Omnibusdienste thätig waren, in der Fig. 58 dargestellt worden, lassen die betreffenden Zahlen der langsamen, viel unterbrochenen Trabbewegung entsprechend nach Ablauf der 1. Stunde ihr Maximum fast erreichen (40 bezw. 60—65), steigen in der 2. Stunde nur noch um Geringes (bis auf 45 bezw. 70) an, um in der 3. Stunde des betreffenden Dienstes auf der erlangten Höhe zu verbleiben; die Beruhigung nimmt für die Athemfrequenz fast 3 Stunden, für die Herzthätigkeit ca. 2 Stunden in Anspruch. — 5. Wie der Anstieg der beiden rhythmischen Vorgänge bis zu dem Maximum oder wenigstens fast dem Höhepunkte

ihrer Frequenzen anfänglich sehr schnell von Statten geht, so erfolgt auch das Sinken derselben nach wiedergegebener Ruhe anfänglich schnell, dann aber recht langsam; die Curven lehren, dass bei $^1/_4$-, $^1/_2$- und 1 stündiger Thätigkeit die Athmungs- resp. Herzfrequenz in 15—20′ erheblich d. h. bis etwa 10 Züge resp. Schläge über die Norm zurückgekehrt ist, während die folgende endgiltige Beruhigung noch $^1/_4$—1 Stunde je nach der Länge des Gebrauches in Anspruch nimmt. Auch bei sehr lang anhaltender 3 stündiger Thätigkeit ist die Beruhigung in der Hauptsache innerhalb 1 Stunde erfolgt; der restliche Rückgang fordert auch hier noch weitere 1—2 Stunden. Es ist demnach nicht berechtigt, zu behaupten, dass bei einem normalen Pferde die Beruhigung in wenigen Minuten bis höchstens $^1/_2$ Stunde abgelaufen sein müsste, vielmehr umfasst die Beruhigungsdauer einen übrigens nach der Dauer des Dienstes verschieden lange aber mehr als $^1/_2$ und bei sehr langdauerndem Gebrauche selbst über 2 Stunden sich hinaus erstreckenden Zeitabschnitt. — 6. Die vorstehenden Ergebnisse beziehen sich im Wesentlichen auf einen sachgemässen, ruhigen und nicht zu anstrengenden Gebrauch; sehr aufgeregte Pferde bieten zuweilen beträchtlich höhere Frequenzen dar, und ungeeignete Behandlung derselben im Reit- wie Zugdienste oder steil ansteigendes Terrain steigert dieselben ebenfalls nicht unerheblich über die oben gegebenen Mittelzahlen, ohne dass Abnormitäten in den in Frage kommenden Vorgängen vorzuliegen brauchen; so beobachteten wir bei aufgeregten Hengsten und auch einzelnen Wallachen und Stuten Frequenzen von 55—60 und mehr Athemzügen für die 1. Viertelstunde des Gebrauches, die sich indessen nicht aus dem Athembedürfnisse erklären liessen, sondern auf andere Umstände zurückzuführen waren und welche deshalb im weitergehenden Dienste bald auf weit niedrigere Frequenzen sanken; zur Bestätigung dessen führe ich an, dass die gleichen Pferde, welche in der 1. Viertelstunde 55—60 Athemzüge pro Minute acquirirten, in der 2. Viertelstunde des nämlichen Dienstes 48, in der 3. Viertelstunde 45, in der 4. Viertelstunde nur noch 40 als Athemfrequenz aufzuweisen hatten. So erklärt es sich, dass ich aus allen unseren Ergebnissen ohne Rücksicht auf die verschiedenen Individualitäten, Gebrauchsweisen und Terrainverhältnisse als Mittelzahlen für die Frequenzzunahme nach $^1/_4$ stündigem Dienste 43—44 für die Athem-, 64—65 für die Herzfrequenz, nach $^1/_2$ stündigem Gebrauche 46—47 bezw. 73—74, nach $^3/_4$ stündigem Dienste 54 bezw. 71, nach 1 stündiger Bewegung 52 bezw. 71 erhalten habe.*)

*) Während des Druckes dieses Bogens wurde unserer Hochschule ein Pferd zur Untersuchung auf »Dämpfigkeit« übersandt, das nach $^3/_4$ stündiger Fahrt auf bergigem Terrain mit 82 Athemzügen zurückkehrte, sich aber bereits nach 5′ bis auf 28, nach 15′ auf 14, nach 30′ auf 12 Respirationen beruhigt hatte. Gewöhnlich ist ein so schneller Beruhigungsablauf nicht.

c) Auch die bisherigen Untersuchungen über den **Athemrhythmus** unserer Thiere haben noch durchaus kein befriedigendes Resultat geliefert; wohl kann bei langsam und ruhig athmenden Thieren, wie dem Pferde, die Dauer der einzelnen Phasen und ihrer Aufeinanderfolge ohne weitere Hülfsmittel ungefähr abgeschätzt werden, aber es scheint, dass dies nach den von mir ausgeführten exacten Untersuchungen (s. u.) bisher nicht mit besonders glücklichem Erfolg geschehen ist. So giebt Fürstenberg an, dass bei einer von ihm beobachteten Kuh die einzelnen Phasen, Inspiration, Exspiration und Pause, gleiche Dauer gehabt hätten, und dass die Athmungsbeschleunigung auf Kosten der Pause zu Stande gekommen wäre. Dieckerhoff erachtet die Zeit der Inspiration bei vielen Pferden um ein Geringes kürzer als die der Exspiration, lässt aber für gewöhnlich zwischen beiden Momenten einen Zeitunterschied im gesunden Zustande nicht zu; bei alten Pferden dagegen konnte er in vereinzelten Fällen für die Dauer der Inspiration einen ein wenig längeren Zeitabschnitt constatiren als für die Exspiration; bei einzelnen Krankheitszuständen giebt er sehr schätzenswerthe Variationen dieses Rhythmus, aber dieselben entbehren der graphischen Unterlage. Colin bezeichnet die Inspiration als den kürzeren, die Exspiration als den längeren Vorgang und schaltet zwischen beide bei den grösseren Thieren noch eine Pause ein, gedenkt aber einer solchen zwischen den aufeinanderfolgenden Athmungen also im Anschluss an die Exspiration nicht. Ich habe auf Grund meiner unter Zuhülfenahme der graphischen Methode ausgeführten Versuche eine ganz andere Vorstellung von dem Athemrhythmus gewonnen, wobei ich bemerke, dass meine Untersuchungen aus äusseren Gründen demnächst erst abgeschlossen werden können.

Die Pneumatographie. Die Methode der graphischen Darstellung der Athembewegungen der Rumpfwand also der Wiedergabe von Pneumatogrammen basirt auf den gleichen Grundlagen wie diejenige der Kardiographie etc. Die directe Application empfindlicher Fühlhebel an bestimmten Thoraxstellen oder die indirecte Uebertragung der Bewegung mittelst Luft oder Wassers innerhalb einer Röhrenleitung auf einen Schreibhebel und dadurch weiter auf einen mit constanter Geschwindigkeit vorbeigeführten Papierstreifen oder eine berusste Trommel sind die Hülfsmittel dazu. — 1. Vierordt und Ludwig bedienten sich des ersteren Princips unter Anlegung eines Fühlhebels auf bestimmte Thoraxstelle, dessen verlängerter Arm auf rotirender Trommel verzeichnete. — Rosenthal drückt seinen Fühlhebel bei Thieren gegen das nach Eröffnung der Bauchhöhle zugängliche Zwerchfell und registrirt damit dessen Bewegungen (Phrenographie). — Hultkrantz endlich hat die Zwerchfellbewegungen des Menschen in der Weise zu Papier gebracht, dass er eine mit Gummiballon am unteren Ende armirte Schlundsonde in den Magen einführt, jenen danach aufbläst und bis zur Cardia zurückzieht; ein in der Sonde aufsteigender Faden überträgt dann die Auf- und Abwärtsbewegungen der benachbarten Zwerchfellparthie auf einen Zeichnenhebel und dadurch auf den Registrirapparat. — 2. Zahlreiche andere Forscher bedienten sich der den Kardiographen direct nachgebildeten durch Luftübertragung arbeitenden Percipirtrommeln. — So enthält der Brondgeest'sche Pansphygmograph eine Percipirtrommel von Uhrschalengestalt, welche von feiner

Kautschuckmembran überspannt der sich hebenden und senkenden Brustwand direct angelegt wird, und die in ihr zu Stande kommenden Druckschwankungen mittelst eines Kautschuckschlauches auf die Registrirtrommel überträgt, welche mittelst ihres Schreibhebels die Membranbewegungen auf dem Papierstreifen notirt oder auch auf der schwingenden Stimmgabelplatte verzeichnet; letztere gestattet zugleich die genaueste Ausmessung der Dauer der Einzelphasen aus den für sie bekannten Tonschwingungen, wie eine solche, obwohl in weniger vollkommener Genauigkeit, auch ermöglicht wird

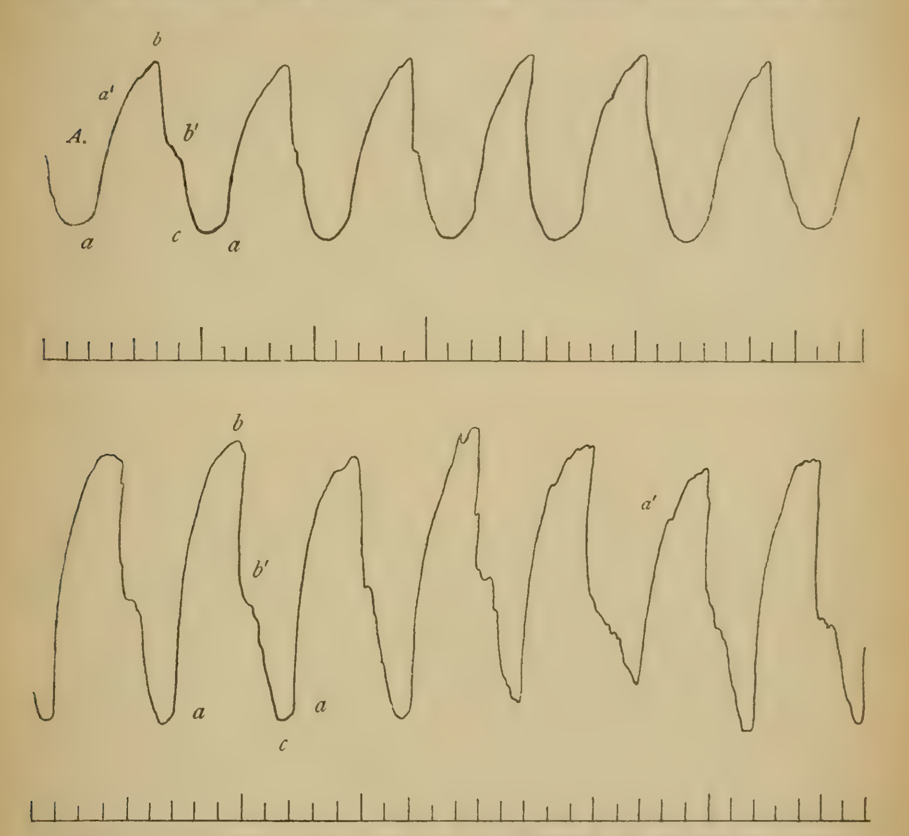


Fig. 59. Die Pneumatogramme zweier gesunder Pferde als Resultat der Athembewegungen je der mittleren Parthie der 13. Rippe.

a b aufsteigender inspiratorischer Schenkel, *b* Curvengipfel als Ausdruck des Despirationsmaximums, *b c* absteigender exspiratorischer Schenkel, *a'* und *b'* secundäre Elevationen, *ca* Pause. Zeitcurve in 1''-Theilung.

durch die Mitwirkung einer Secunden-Registriruhr, welche gleichzeitig mit der Curvenaufnahme ihre Marken niederschreibt. Ich bediente mich vorsugsweise des Knoll-schen Kardiographen, den ich leicht und unter stets gleichmässigem Drucke an die Seitenbrustwand so applicirte, dass die Pelotte auf eine Rippe zu liegen kam. — E. Hering bringt das Versuchsthier in einen hermetisch verschlossenen Kasten, in dessen oberer Wand sich zwei Oeffnungen befinden. Durch die eine derselben führt eine sorgfältig angepasste Röhre, welche in die durchschnittene Trachea des Thieres ein-

gefügt ist und so als Athmungsrohr dient; die andere Oeffnung ist mit einem Manometerrohre ausgerüstet, von dessen Inhalt (Wasser oder Quecksilber) ein Schwimmer zum Papierstreifen überleitet. — Noch andere Vorrichtungen construirten Gad und J. R. Ewald; letzterer z. B. zeichnet seine Curven mit Hülfe des wechselnden Respirationsdruckes bei In- und Exspiration (s. u.), indem er durch eine Flasche athmet, mit welcher auch eine Registrirtrommel in Verbindung gebracht ist.

Die auf die eine oder andere Weise erhaltenen Pneumatogramme gestatten 1. die zeitliche Ausmessung der einzelnen Phasen eines Athemzuges, sowie 2. die Beurtheilung der Antheilnahme der verschiedenen Parthien des Thorax an dem Athmungsvorgange, vorausgesetzt, dass mehrere Percipirtrommeln oder Fühlhebel womöglich gleichzeitig auf verschiedene Stellen des Thorax applicirt werden.

1. In dem in den Figg. 59 *A* u. *B*, 60, 61 und 62 *A*, *B* u. *C* wiedergegebenen Curven entspricht der aufsteigende Schenkel *ab* der Inspiration (inspiratorischer Schenkel), der absteigende Schenkel *bc* dagegen der Exspiration (exspiratorischer Schenkel), der horizontal laufende Abschnitt *ca* endlich der Pause;

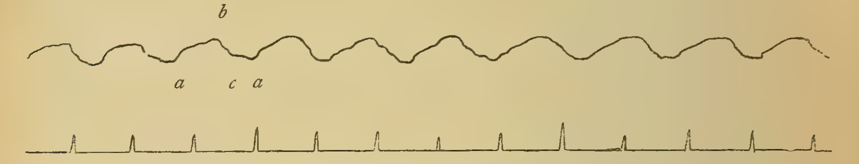


Fig. 60. Pneumatogramm des Schafes von der mittleren Parthie des postscapularen Thoraxabschnittes. Darunter die Zeitcurve in 1″-Theilung.
ab inspiratorischer, *bc* exspiratorischer Schenkel, *ca* Pause (?), *b* Inspirationsmaximum.

in *b* ist das Inspirationsmaximum erreicht; die secundären Elevationen des ansteigenden Schenkels *a′* und des exspiratorischen Schenkels *b′* sind nicht constant, sie correspondiren wohl dem Doppelacte, welcher sich fast regelmässig beim Pferde und dabei deutlicher und constanter in der Exspiration als in der Inspiration einstellt. Mit Rücksicht auf ihre Unbeständigkeit und ihr vorzugsweises Vorkommen in den Curven als Resultat der Athembewegungen der caudalen, nicht auch der nasalen Rippen dürften sie als der Ausdruck lokaler Erschütterungen gelten, welche durch das Eingreifen einzelner Muskeln bezw. die elastische Nachwirkung vorher comprimirter Theile gesetzt werden.

Die in Fig. 59 wiedergegebenen beiden Curven gesunder Pferde gestatten als ein kleiner Abschnitt aus der grossen, in allen ihren Einzelwellen wesentlich das gleiche Bild darbietenden Curvenreihe ohne Weiteres die zeitliche Auswerthung dahin, dass die grössere Zeitdauer der Inspiration, die geringere der Exspiration und ein verschwindend kleiner Abschnitt der Pause zufällt. Die ganze Weglänge einer Welle *abca* entspricht in der Curve *A* mit durchschnittlich 13,8—14 *mm* = 4,7″ einer Respirationsfrequenz von ca. 13 in 1′, davon entfallen 8,54 *mm* = 60 pCt. = 2,87″ auf die Inspiration, 4,15 *mm* = 29,6 pCt. = 1,39″ auf die Exspiration und 1,32 *mm*

= 9,4 pCt. = 0,44'' auf die Pause; ähnlich vertheilt sich die Elongation einer Curve der Fig. 59 *B* von 14,6 *mm* = 5,94'' = 10—11 Athemzügen in 1' mit 9,8 *mm* = 67 pCt. = 3,98'' auf die Inspiration, mit 3,88 *mm* = 26 pCt. = 1,54'' auf die Exspiration und mit 0,93 *mm* = 7 pCt. = 0,42'' auf die Pause. Es fallen also hiernach ca. $^2/_3$ der Dauer eines Athemzuges der Inspiration, ca. $^1/_3$ der Exspiration und Pause zu, wovon die letztere nur einen geringen Bruchtheil (nicht ganz $^1/_5$) in Anspruch nimmt. Also gestaltet sich das Verhältniss der Inspiration zur Exspiration + Pause etwa wie 2 : 1.

Die in Fig. 60 vorgeführte Respirationscurve versinnlicht den Gang der Athmung beim Schafe, entnommen von der mittleren Parthie des hinter der Schulter gelegenen Theiles des Thorax. Sie zeigt gewisse Uebereinstimmung mit der Curve des Pferdes; ausgedehntere Inspirations- als Exspirationsdauer, zuweilen aber nicht constant Vorhandensein einer Pause, weshalb man dieselbe hier wie dort in den Exspirationsvorgang mit hineinbeziehen kann. Im Einzelnen bemisst sich die Dauer einer Respiration auf 10,6 *mm* = 1,3'', was der, bei Sommerwärme und bei Versuchen an so schüchternen und dadurch aufgeregten Thieren, nicht ungewöhnlich hohen Athemfrequenz von 46 in 1' entspricht. Dieselbe vertheilt sich mit 6,15 *mm* = 58 pCt. = 0,75'' auf die Inspiration, mit 3,25 *mm* = 30,7 pCt. = 0,4'' auf die Exspiration und mit 1,2 *mm* = 11,3 pCt. = 0,15'' auf die Pause. Das Verhältniss zwischen Inspiration und Exspiration + Pause beliefe sich demnach etwa auf 3 : 2.



Fig. 61. Pneumatogramm des in Chloroformnarkose befindlichen Hundes. Die Percipirtrommel wurde in der Herzgegend applicirt, das Pneumatogramm zeigt deshalb gleichzeitig die Kardiogramme, deren 8—9 auf eine Athemwelle kommen. Darunter die Zeitcurve in 1''-Theilung.

ab inspiratorischer, *bc* exspiratorischer Schenkel, *ca* Pause, *b* Inspirationsmaximum, *K* Herzcurve, *P* Athemcurve.

Fig. 61 als die mit den Herzcurven gepaarte Athemcurve des chloroformirten Hundes demonstrirt ganz besonders eindringlich die grosse Dauer der Inspiration im Vergleich zur Exspiration; sie veranschaulicht aber ausserdem eine sehr lange Pause. Der zeitlichen Auswerthung der von mir aufgenommenen Curven entnehme ich als Länge der respiratorischen Einzelwelle 17,19 *mm* = 2,95'' entsprechend einer Athemfrequenz von 20,3 in 1'. Hiervon kommen 9,3 *mm* mit 3,8 Herzschlägen = 52,5 pCt. = 1,55'' auf die Inspiration, 1,1 *mm* mit 1,2 Herzschlägen = 6,1 pCt. = 0,18'' auf die Exspiration und 7,5 *mm* mit 4,1 Herzschlägen (!) = 41,4 pCt. = 1,22'' auf die Pause. Verhältniss zwischen Inspiration und Exspiration + Pause also etwa = 1 : 1; eine Pause ist hier in ausgesprochnem Maasse vorhanden, sie nimmt von der Dauer der Exspiration + Pause $^4/_5$ in Anspruch.

Nach der im Vorstehenden enthaltenen Auswerthung der Pneumatogramme kann es keinem Zweifel unterliegen, dass bei den von mir daraufhin geprüften Thieren die Inspiration den entschieden grösseren Antheil an dem Ablaufe einer Athmung hat; sie erstreckt sich über die Hälfte bis zwei Drittheil einer solchen; der Exspiration

und der sich ihr anschliessenden Pause kommt ein kleinerer Antheil an derselben zu, der bald für die eine bald für die andere Phase grösser ist; zuweilen und für einzelne Stellen des Brustkorbes macht es den Eindruck, als ob gar keine Pause existire, und sich jene somit ständig in athmender Bewegung befinden; das erklärt es vielleicht auch, dass für den Menschen von den einen Autoren eine Pause am Schlusse einer Athmung concedirt wird, von den anderen dagegen nicht (Riegel). Es ist naturgemäss nicht ausgeschlossen, dass mannigfache Variationen in dem Vorgange vorkommen; schon Fürstenberg

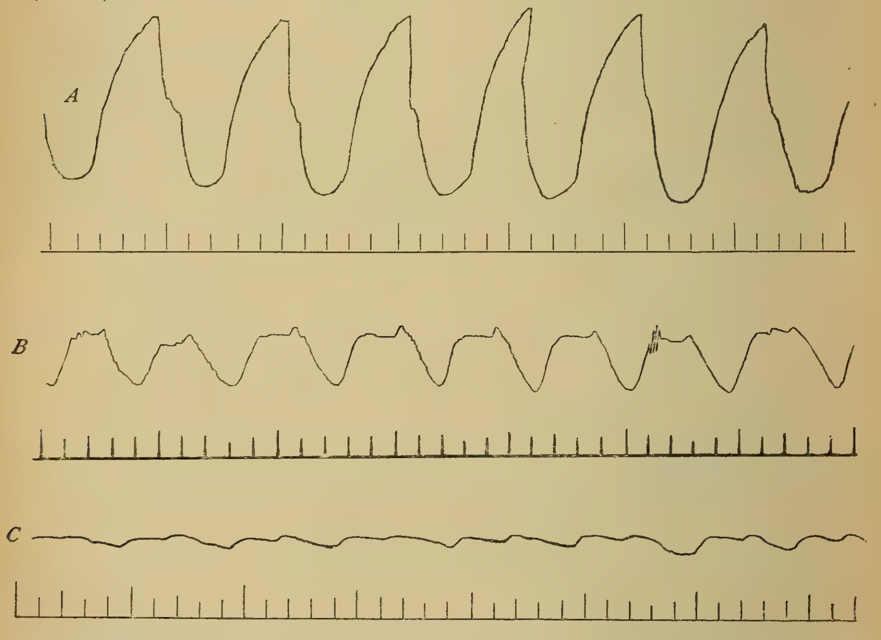


Fig. 62. Drei Pneumatogramme des gleichen Pferdes. *A* von der Mitte der 13., *B* von der der 9., *C* von der der 6. Rippe abgenommen. Zeitcurven in 1″-Theilung.

gedenkt der Abkürzung der Pause bei Zunahme der Athemfrequenz, Dieckerhoff spricht von Altersdifferenzen (die Inspirationsdauer sei im Allgemeinen kürzer als die Exspirationsdauer, nur bei alten Pferden habe in vereinzelten Fällen die erstere die letztere übertroffen [?]) und krankhaft dyspnoischen Abänderungen des Rhythmus.

Beim Menschen dauert die Inspiration weniger lang als die Exspiration, ihr zeitliches Verhältniss gestaltet sich beim erwachsenen Manne wie 6 : 7, bei Frauen, Kindern und Greisen wie 6 : 8—9 (Sibson), wie 10 : 14 (Vierordt), wie 11 : 12 (J. R. Ewald); eine kürzere Exspirationsperiode gilt beim Menschen als Ausnahme.

2. Die Application mehrerer Registrirtrommeln an verschiedenen Stellen des Thorax demonstrirt auch die verschiedene Antheil-

nahme derselben an dem Athmungsvorgange in Bezug auf Stärke und Grad der Aushebung der Rippen etc. Fig. 62 mit ihren 3 Curven *A, B, C,* welche von dem gleichen Pferde stammen, belehren uns darüber, dass die 13. Rippe beim Pferde die grössten Excursionen im Athemacte ausführt und jene exspiratorische Secundärelevation wohl wegen der Nähe des ihr Ursprung gewährenden Abdomens am deutlichsten zeigt. Die von der 9. Rippe entnommene Curve ist bedeutend niedriger, bietet eine ausgesprochene inspiratorische Secundärerhebung *a'*, die exspiratorische Secundärelevation ist nur sehr mässig ausgeprägt. Die von der 6. Rippe stammende Curve demonstrirt die geringe Antheilnahme der schulterbedeckten und ihr nächstgelegenen Brustparthie an dem Athemvorgange.

c) Pathologische Abweichungen dieses Athmungsrhythmus sind, wie die tägliche Beobachtung respirationskranker Thiere bestätigt, gewöhnliche Vorkommnisse. Sie beziehen sich sowohl auf die Athemfrequenz, wie auf die Ausführung des einzelnen Athemzuges. Abnahme der Athemfrequenz bei Pferden auf 6 Respirationen hat Dieckerhoff als die Folge gastrischer Störungen vorübergehend beobachtet. Zunahme derselben tritt bei Verminderung der Grösse der respirirenden Oberfläche durch Verstopfung zuführender Bronchien oder exsudative Füllung der Lungenalveolen oder Lungencompression durch Brusthöhlenexsudat, sowie in Folge mechanischer Hindernisse oder schmerzhafter Erkrankungen des Brust- und Bauchfelles auf; bei Pferden kann die Frequenz bis über 120 steigen. Dazu gesellt sich häufig eine Aenderung im Athemtypus und Athemrhythmus. Starke Beschleunigung der Athmung bei Feststellung des Thorax und mässiger Flankenbewegung, also ein sehr »oberflächliches Athmen« beobachtet man gern bei Pleuritis; tiefes, angestrengtes Athmen mit starker Hebung der Brustwand ist der Erfolg von Erkrankungen des Lungenparenchyms, Verlegungen der luftleitenden Wege etc. Die active Mitwirkung der Bauchmuskeln lässt die Exspiration dyspnoisch erscheinen, wie dies bei diffuser Erweiterung des Bronchialbaumes und so fort der Fall. Ungleichheiten im Rhythmus und der Tiefe der Athemzüge führt Dieckerhoff auf die »unangenehmen Eindrücke, welche die krankhafte Respirationsfrequenz mit sich bringt«, zurück. Eingehende Untersuchungen unter Zuhülfenahme der graphischen Methode fehlen indess in der thierärztlichen Litteratur noch, während die menschenärztliche Pathologie auch pathologische Pneumatogramme in reicher Zahl und gewissen Typen kennt. — Unerwähnt darf in dieser Richtung nicht bleiben das hochinteressante Cheyne-Stokes'sche Respirationsphänomen (1816), welches bei Circulationsstörungen im Bereiche des Gehirns, veränderter Blutbeschaffenheit (Hirnaffectionen, Herzkrankheiten, Uraemie etc.) als ein Wechsel von $^1/_2$—$^3/_4$ Minute langen Athmungspausen mit Reihen von 20 bis 30 Athemzügen von ebenfalls $^1/_2$—$^3/_4$ Minute Dauer, welche letzteren Anfangs oberflächlich, dann tiefer dyspnoisch und schliesslich wieder oberflächlicher werden, erscheint. Das Symptom ist ein dem Tode nahe vorausgehendes, meist agonisches und bekundet nach Luciani Schwankungen in der Erregbarkeit des Athemcentrums (s. u.), welche in der Pause am geringsten ist, dann wieder ansteigt, um in der Folge erneut zu sinken. Derselbe erzeugte das Phänomen auch experimentell durch Verletzungen der Medulla oblongata oberhalb des Athmungscentrums, nach der Apnoë bei stark mit Opium vergifteten Thieren und endlich dem Erstickungstode bei Athmung im abgeschlossenen Raume vorausgehend. Mosso beobachtete es weiter als normale Erscheinung des Winterschlafes bei Myoxus, dem Siebenschläfer, Langendorff bei Erinaceus, dem Igel, und Fano bei Testudo, der Schildkröte. Periodisches Athmen

endlich, ist ein Erzeugniss der Experimentalphysiologie und zwar des Abschneidens der Blutzufuhr beim Frosche durch Verblutung, bei Muscarin- und Digitalin-Vergiftung. Biot'sches Athmen, ein periodisches Athmen ohne Verschiedenheiten in der Grösse der einzelnen Athemzüge, soll auch normal im Schlafe zuweilen vorkommen; periodische Unregelmässigkeiten in der Athmung abhängig von reflectorischen Erregungen wurden von Knoll beobachtet.

F. **Anhang.** Mit Rücksicht auf den **Athemmechanismus der Vögel** und die damit Hand in Hand gehende Füllung der ihnen zukommenden Luftsäcke und Luftknochen sei hier daran erinnert, dass die Lungen, welche, wie oben erwähnt, im Bereiche ihrer dorsalen Fläche an die innere Oberfläche der Wirbel, Rippen und Intercostalmuskeln befestigt sind, ihre ventrale und caudale Fläche aber gegen die Brustbauchhöhle wenden, in diesem letztgenannten Bereiche von einer Art sehnig-muskulöser Hülle (Diaphragma inferius bezw. posterius) umkleidet und ausserdem mit 9 als Anhänge auftretenden Luftsäcken (der unpaaren cellula aërea peritrachealis s. interclavicularis, den paarigen c. a. cervicales, 2 Paaren c a. thoracicae und den paarigen c. abdominales) nebst ihren Aussackungen in die pneumatischen Knochen ausgestattet sind. Die Luft circulirt also hier nicht nur in den Lungen, sondern auch in den Luftsäcken und den pneumatischen Knochen theils zur Ermöglichung des bei Vögeln besonders lebhaften Gasaustausches (s. absolute Grösse der Athmung), theils zur Erleichterung des Körpers beim Fluge. Die Inspiration, eine Folge der Erweiterung des Brustraumes durch die Rippenheber, die Mm. scaleni, intercostales, den M. triangularis sterni, unter Mitwirkung des die Lunge vergrössernden Diaphragma, füllt die Lunge und intrathoracalen Luftsäcke mit atmosphärischer Luft von der Trachea her und mit solcher aus den extrathoracalen Luftsäcken; die durch die Bauchmuskelcontraction herbeigeführte und durch die Erschlaffung der Inspirationsmuskeln gestattete Verkleinerung des Brust- und Bauchraumes (Exspiration) drängt die Luft der intrathoracalen Luftsäcke und der Lunge theils durch die Luftröhre hinaus, theils in die extrathoracalen Luftsäcke hinein; diese füllen sich also nicht in-, sondern exspiratorisch. Die in die Luftknochen hineinragenden Aussackungen der extrathoracalen Luftsäcke, unter welchen diejenigen für die Knochen der Brustgliedmasse und die Brustmusculatur von dem peritrachealen, diejenigen für die Beckengliedmasse von den abdominalen Luftsäcken abgegeben werden, füllen sich wohl auch mit ihren Luftsäcken exspiratorisch und entleeren sich inspiratorisch. Cuvier und Colin vermuthen dagegen, dass während der Inspiration Luft in sie ein-, während der Exspiration dagegen aus ihnen heraustrete. Das ist jedoch nicht wahrscheinlich, denn man hat allen Grund anzunehmen, dass die inspiratorische Erweiterung der luftführenden Brustorgane (Lunge und intrathoracale Luftsäcke) die Luft von allen Richtungen also auch von den Knochen her ansaugt, während die exspiratorische Verengerung jener die Luft nach allen Richtungen hin austreibt, also wie in die extrathoracalen Luftsäcke so auch in die intraostealen Luftbehälter hinein, die ja keine Muskelkräfte besitzen, welche sie sich synchron mit der Inspiration luftansaugend erweitern und mit der Exspiration luftaustreibend verengern liessen.

G. Der **Athmungsdruck** und die **Pneumatometrie**. Die als die Ursache des Ein- und Austrittes der Luft in die und aus der Lunge oben angegebene Druckdifferenz muss sich naturgemäss auch manometrisch feststellen lassen. Es ist von vornherein zu erwarten, dass während der Inspiration innerhalb der Respirationsorgane negativer, während der Exspiration dagegen positiver Druck herrscht. Die Druckschwankungen fallen indessen ohne Zweifel sowohl während

des gleichen Athemzuges für die verschiedenen Theile des Respirationstractus, wie auch für die verschiedenen Athemzüge verschieden aus. Am grössten wird das Minus resp. Plus immer dort sein, wo die Ursache zur Entstehung desselben gegeben ist, also innerhalb des Bronchialbaumes, am geringsten dagegen im Bereiche der Nasenöffnungen; und ferner wird die Differenz des intrapulmonalen Luftdruckes gegenüber dem atmosphärischen grösser sein bei tiefer als bei oberflächlicher Respiration und bei grösserer Geschwindigkeit des Luftstromes als bei geringerer.

Methode der Druckuntersuchung. Die Pneumatometrie bedient sich des Manometers, welches mittelst seines einen Schenkels in die Nasenöffnungen resp. einen diese armirenden luftdicht anschliessenden Maulkorb (C. Ludwig, P. Bert), oder in die künstlich eröffnete Trachea eingeführt wird; die Luftwege können dabei entweder offen erhalten oder nach aussen abgeschlossen werden; im ersteren Falle werden die Resultate natürlich ganz andere (geringere) werden als im letzteren.

Die Grösse des Athmungsdruckes in den geschlossenen Respirationswegen wurde von Valentin (1847) beim Menschen für mittelstarke Athmung auf 4—10 *mm* Hg, bei angestrengter Athmung auf 40 *mm* Hg, von Hutchinson bei gewöhnlicher Athmung auf — 50 bezw. + 76 *mm* Hg bemessen; als Maximum erhielt Valentin für die tiefste Inspiration — 144, Donders im Mittel — 57 *mm* Hg, für die höchste Exspiration + 256 bezw. + 87 *mm* Hg.

Die Grösse des Athmungsdruckes bei offenen Respirationswegen beträgt nach Kramer (1847) in der Trachea des Hundes und Pferdes etwa — 1 bezw. + 2—3 *mm* Hg, nach Valentin in dem Nasenloche des Menschen — 9—10 bezw. + 7—8 *mm* Wasser (also ca. — 0,7 bezw. + 0,6 *mm* Hg), und nach J. R. Ewald (1879) — 0,1 bezw. + 0,13 *mm* Hg.

H. **Der intrapleurale Druck.** Es wurde bereits auf S. 589 darauf hingewiesen, dass die Lungen durch einen wohl in der ersten Athmung begründeten Umstand über ihr normales Volumen ausgedehnt werden, und dass sie dieses unter normalen Verhältnissen intra vitam niemals wiedererlangen. Sie sind auch post mortem ausser durch künstliche Hülfsmittel niemals ganz luftleer, atelektatisch zu machen. Atelektasie besteht also als physiologische Erscheinung nur während des Intrauterinlebens.

Die Erklärung dieser sich in der Folge nie mehr zurückbildenden Ausweitung des Brustkorbes und damit der Lungen über ihr normales Maass findet Bernstein in einer eigenartigen Construction der Vertebrocostalgelenke, welche sperrzahnartig die durch den besonders kräftigen ersten Athemzug einmal gehobenen Rippen nicht mehr vollkommen in ihre frühere Stellung zurücksinken lassen sollen. Hermann mit Keller und Rosenthal suchen sie dagegen in einer im Vergleich zu den Widerständen, welche die schon geathmet habenden Lungen mitsammt dem Thorax dem etwaigen totalen Zusammensinken entgegenstellen, zu geringen elastischen Retractionskraft der Alveolarwand und machen ferner darauf aufmerksam, dass, wenn die Lunge sich einmal bis zu einem gewissen Grade zusammengezogen hat, dann die engen Infundibularzugänge verlegt werden und keine Luft weiter aus den Alveolen entweichen lassen; dieser restliche Luftgehalt verschwindet erst, wenn, wie z. B. bei künstlich offen erhaltenem, einseitigem Pneumo-

thorax, die Luftgase, voran der O, dann die CO_2, zuletzt der N durch das fortgesetzt durch die collabirte Lunge hindurchströmende Blut absorbirt sind (Rosenthal), was beim Kaninchen nach 8—10 Stunden der Fall ist.

Diese Ueberdehnung erzeugt in den elastischen Lungen eine Widerstandskraft, vermöge deren sie jeder Zeit das Bestreben besitzen werden, sich auf ihr normales Volumen zurückzuziehen und welche um so grösser ist, je mehr die Lungen im gegebenen Momente ausgedehnt sind (vgl. S. 288 und 590); jeder weitergehenden Ausdehnung setzen sie deshalb einen mehr und mehr wachsenden Widerstand entgegen. Auf diesen Umstand ist es zurückzuführen, dass in dem Cavum pleurae ein negativer Druck herrscht, welcher als solcher um so grösser ist, je tiefer das Thier inspirirt. Dieser intrapleurale Saugdruck besteht also ständig, aber seine Grösse hängt von der jeweiligen Einstellung der Brustwandungen, also von der Respirationsphase ab. Da diese Widerstandskraft der oben (S. 590) besprochenen Lungenelasticität ca. 7 *mm* Hg bei Normalstellung in höchster Exspiration, und ca. 28 *mm* Hg bei tiefster Inspiration gleichkommt, so darf der in dem Cavum pleurae herrschende Druck auf — 7 *mm* Hg im Stadium der höchsten Exspiration, auf circa — 28 *mm* Hg in dem der tiefsten Inspiration veranschlagt werden. Bestätigt wird das Vorhandensein dieses negativen Druckes im pleuralen Lymphraum durch das mehr oder weniger energische Eingesaugtwerden von Luft, wenn in die Brustwand ein enger Troikart eingesetzt oder ihr ein kleines durchgehendes Schnittchen beigebracht wird.

Die directe Messung der Grösse desselben wurde zuerst von Adamkiewicz und Jacobson (1873) ausgeführt; sie stiessen einen Troikart in den Pericardialraum und brachten nach Zurückziehung des Stilets dessen Hülse mit einem Manometer in luftdichte Verbindung. Auf diese Weise stellten sie ihn auf — 3 bis — 5 *mm* Hg bei Schafen, Hunden und Kaninchen, mit einer Zunahme auf — 9 *mm* Hg bei heftiger Dyspnoë eines Kaninchens fest. Nach Heynsius beträgt er bei Hunden während der Einathmung — 7,5, während der Ausathmung — 4 *mm* Hg. Rosenthal (1880) bemass ihn durch Einführung einer geschlossenen Schlundsonde bis in die Brustportion des Oesophagus und Verbindung der nunmehr zu eröffnenden Sonde mit dem Manometer auf — 3 *mm* Hg in maximo beim Kaninchen und zeichnete ähnlich wie schon vordem Luciani (1878) dessen Schwankungen unter Herstellung der Communication mit der Marey'schen Percipir- bezw. Registrirvorrichtung, wobei während der Inspiration naturgemäss die Curve unter die Abscisse herabgehen muss, vorausgesetzt, dass die registrirende Leitung im Momente der Athempause eingefügt wurde. Des Einflusses des negativen Druckes innerhalb des Cavum pleurae auf die Erscheinungen der Blutcirculation wurde schon oben (s. S. 288) gedacht.

c) Die Bedeutung der luftleitenden Theile für den Athmungsvorgang.

Die luftleitenden Theile sind nicht blos Leitungsröhren für die durchströmende Luft, sondern sie functioniren vermöge ihrer anatomischen Einrichtung auch als Schutzvorrichtungen des Körpers und speciell der Lunge.

1. Als Schutzvorrichtung des Gesammtkörpers beherbergt die Nasenhöhle die Perceptionsorgane des Geruchssinnes, wodurch sie befähigt wird, die eintretende Luft auf üble und namentlich schädliche Geruchstoffe zu prüfen und uns somit von deren Zusammensetzung in gewisser Hinsicht zu orientiren. Näheres siehe Geruchssinn. — In ähnlicher Weise reagiren die Nerven des Kehlkopfes auf einzelne, chemisch-reizende Gase, welche als »irrespirable Gase« (s. S. 583) reflectorisch Stimmritzenverschluss erzeugen und dadurch ihre deletären Wirkungen auf die Respirationsorgane selbst unmöglich machen. Der Vorgang des Stimmritzenverschlusses wird unten (sub d) besprochen werden.

2. Die Lunge findet vorzugsweise in der Nasenhöhle (Aschenbrandt, Kayser) ihren Schutz durch die in dieser erfolgende Vorwärmung und Anfeuchtung der event. kalten, trockenen und dadurch reizend wirkenden Luft, sowie durch die Fernhaltung von körperlichen Partikelchen, welche als Staubpartikelchen und Russ der atmosphärischen Luft in mehr oder weniger reichlicher Menge beigemischt sind. Die letztgenannte Aufgabe fällt insbesondere der Feuchtigkeit zu, die die innere Oberfläche der Respirationsorgane als eine schleimige Flüssigkeit (Nasen-, Kehlkopf-, Tracheal- und Bronchialschleim) bedeckt und durch den Wimperstrom der diese Hohlorgane austapezirenden Epithelien den Nasenöffnungen bezw. Schlingwerkzeugen zugeführt und so entleert resp. abgeschluckt wird. Die grösseren Staubpartikelchen fangen sich häufig schon in den die Nasenöffnungen in radiärer gegen deren Centrum gestellter Richtung umsäumenden Vibrissae oder werden durch reflectorisch von ihnen selbst angeregte Exspirationsstösse wie Niessen und Husten (s. u.) wieder aus dem Apparate hinausbefördert. Die feineren in die luftleitenden Theile gelangenden Staubtheilchen schlagen sich grossentheils an der inneren Oberfläche derselben nieder, wozu ihnen der vielfach abgebogene Weg besonders günstige Gelegenheit bietet. Dort werden sie von dem Schleime festgehalten und fliessen dann mit diesem theils als Nasenausfluss ab, theils den Schlingorganen zu, welche sie dem Magen überantworten; ein eigentliches Ausspucken derselben in Form eines Auswurfs, Sputum, kommt bei unseren Thieren nicht wohl vor. Der Schleim findet seine Bildungsstätte theils in den der Rachenhöhle und Trachea eigenthümlichen Schleimdrüsen, theils in dem sehr zahlreiche Becherzellen enthaltenden Oberflächenepithel; wässrige Flüssigkeit wird ihm von den in allen luftleitenden Theilen, besonders aber der Nasenhöhle eingefügten »serösen« oder »Eiweissdrüsen« (s. histologische Abtheilung, S. 498ff.) beigemischt; er enthält dann neben den Elementen der obersten Epithellagen der luftleitenden Theile (Flimmer-, Becher- und Cylinderzellen, Plattenzellen), sowie den unter normalen Verhältnissen höchst spärlichen Lungenepithelien und reichlicheren Lymphoidzellen Staubpartikelchen, Crystallgruppen des Russes und allerhand Mikrobien, wie sie der Luft jederzeit in reichlichster Menge beigemischt sind. Die Fortführung des normaliter nur in dünner Schicht die Schleimhaut bedeckenden

Schleimes ist die Function des gegen die Nasenöffnungen gerichteten Wimperstromes der Oberflächenepithelien. Krankhafte oder übermässige nervöse Reizung der Schleimhaut oder Durchschneidung der Trachealnerven, wie sie Rossbach bei der Katze ausführte, lässt unter Zunahme der Blutdurchströmung die Schleimabsonderung sich vermehren; Arzneistoffe wie Apomorphin, Emetin, Pilokarpin regen sie an, Atropin und Morphin dagegen beschränken sie (Rossbach), ähnlich wie diese letzteren wirken auch directe Application von Natriumcarbonat und Salmiak.

3. Der glatten Musculatur in den Wandungen der Alveolen, Bronchien und Trachea schreibt Landois die Bedeutung einer activen Widerstandskraft gegen plötzliche Drucksteigerung in den Luftwegen, wie sie bei heftiger In- und Exspiration vorkommt, zu. Der N. vagus soll nach Longet (1842) u. A. der Innervator dieser Musculatur sein und der Lunge einen gewissen Tonus, »Lungentonus«, verleihen können.

d) Die Innervation des Athmungsmechanismus.

Der Mechanismus der Lungenathmung wurde bisher als ein rein mechanischer Process nach seinen Erscheinungen und Zustandekommen bezüglich der ihn in Gang setzenden Kräfte geschildert und der Apparat dabei als eine Art Pumpwerk dargestellt, welches gleichzeitig den Motor des ihn passirenden Luftstromes, wie auch die Gelegenheit zum gegenseitigen Gasaustausch zwischen Blut und atmosphärischer Luft darbietet. Es wurde indess in den obigen Besprechungen des Einflusses noch nicht gedacht, welchen dabei das Nervensystem auf den Rhythmus des Vorganges und seine Abhängigkeit von gewissen Processen und Zuständen des Thierorganismus nimmt, die als Reize für gewisse Centra des Nervensystems den Rhythmus des Athemvorganges beherrschen oder durch Abänderungen desselben beantwortet werden.

Hinsichtlich dieser letztangedeuteten Gesichtspunkte ist im Auge zu behalten, dass 1. die Lunge speciell das dem Gasaustausch zwischen Blut und atmosphärischer Luft gewidmete Hohlorgan ist, welches 2. theils durch muskulöse, in der Protoplasmacontractilität der Athmungsmuskeln gegebene, theils durch mechanische nicht an die vitale Substanz gebundene Kräfte zum lufteinsaugenden und ausstossenden Blasebalge wird; die Action dieses Saugdruckapparates ist 3. eine dem ständigen Bedürfnisse nach Aufnahme des lebenserhaltenden Gases O und nach Abgabe des lebenstödtenden Verbrennungsproduktes CO_2 entsprechend rhythmische; deren Intensität und Extensität steht naturgemäss in directer Beziehung zu den bezüglichen Bedürfnissen; lebhaftere Thätigkeit der einzelnen Organe lässt auch das Athmungsbedürfniss zunehmen, Ruhe und Unthätigkeit sich dasselbe dagegen vermindern; der Grad jenes spricht sich vorzugsweise durch die Beschaffenheit des Blutes als des Trägers

der bei dem Gasaustausche in Betracht kommenden Gase aus. Aber nicht blos von ihm, sondern auch von anderen Reizen geht der Antrieb für die Athmung erfahrungsgemäss aus, so von Temperaturverhältnissen, sensiblen und psychischen Erregungen etc., die wegen mangelnder Verbindungen ihren Einfluss jedenfalls nicht direct auf die Organe des Respirationsapparates setzen können. Das besagt, dass ein gemeinsamer Angriffspunkt für diese Reize existiren muss, von welchem aus der Athmungsrhythmus regulirt wird. Die experimentelle Untersuchung lehrte nun, dass das Centralnervensystem der Sitz desselben ist, und dass mannigfache Verbindungen dieses mit den verschiedensten Theilen der Körperperipherie einer- und mit den Respirationsorganen andererseits die Uebermittler dieser Reize sind.

A. **Die Leitungsbahnen der Athmungsinnervation.** a) Anatomische Data. Die Innervation des Respirationsapparates wird theils durch Gehirn-, theils durch Rückenmarksnerven vermittelt.

α) Die eigentlichen Athmungsorgane erhalten ihre Nerven im Bereiche des Kopfes vorwiegend von dem V. und X. Gehirnnerven. Die Nasenhöhle stellt das Verbreitungsgebiet von Zweigen des Ram. ophthalmicus und Ram. maxillaris superior N. trigemini dar. Der N. ethmoidalis ist der sensible Nerv des Nasengrundes, N. nasalis posterior und inferior versorgen Nasenscheide- und Seitenwand. Die Schleimhaut des Rachens, Kehlkopfes, der Luftröhre, der Bronchien und die Lunge beziehen ihre Nerven aus dem N. vagus. Die Ram. pharyngei innerviren vielleicht in Gemeinschaft mit denjenigen des N. glosso-pharyngeus die Rachenschleimhaut; der N. laryngeus superior verbreitet sich in der Kehlkopfschleimhaut und den Stimmbändern; der Luftröhre gehört augenscheinlich der N. laryngeus inferior s. recurrens an, die Lunge und ihre luftleitenden Wege erhalten von den Ram. pulmonales des Brustvagus und der Brustportion des N. recurrens ihre Innervation. Ueber die Endigung all dieser Nerven besteht noch keine volle Sicherheit, wahrscheinlich dringen sie bis in oder wenigstens zwischen die Epithelien der genannten Theile vor (siehe histologische Abtheilung); auch an die Muskulatur der Bronchien und der Luftröhre, wie an die Blutgefässe der Lunge nehmen Zweige des Plexus pulmonalis ihren Weg.

β) Die Bewegungsorgane des Respirationsapparates, die Athemmuskeln werden im Bereiche des Kopfes vorzugsweise von dem VII. und X. Gehirnnerven, im Bereiche des Rumpfes von den Spinalnerven versehen. Die Muskeln der Naseneingänge sind das Versorgungsgebiet des N. facialis, die Kehlkopfmuskeln entnehmen ihre Innervatoren den N. recurrens Vagi, die Muskeln der seitlichen, dorsalen und ventralen Brustwand werden von den Nn. thoracici und theilweis auch von den Nn. pectorales des Plexus axillaris innervirt; die Nn. lumbares senden ihre ventralen Aeste den Bauchmuskeln zu, und das Zwerchfell endlich bezieht einen eigenen Nerven, den N. phrenicus, aus dem Cervicalmarke, welcher den ventralen Wurzeln des 5., 6. und 7. Halsnerven entstammend, durch den Brusteingang die Brusthöhle betritt und in geradem Verlaufe an der Herzbasis vorbei gegen das Zwerchfell zieht. Beim Menschen, dessen Brustbewegungen durch die Antheilnahme des Musc. sterno-cleido-mastoideus wesentlich gefördert werden, participirt auch der N. accessorius Willisii an der Athmungsinnervation.

b) Die physiologische Bedeutung der Athemnerven. *α*) Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass die oben (sub a, *α*) zusammen-

gestellten Gehirnnerven des Respirationsapparates im Wesentlichen die centripetalen Leitungsbahnen für die Athmungsorgane sind. Alle als Nervenreize überhaupt wirksamen Impulse werden demnach von der Applicationsstelle, d. i. für diese Nerven irgend eine Partie des Tubus respiratorius, hirnwärts weitergeleitet, um dort entweder ein Sich-Bewusstwerden der Vorgänge und Zustände unseres Respirationstractus, oder einen Reflex irgendwelcher Art z. B. Husten, Niesen etc. auszulösen. Wir erhalten in diesem Erfolg die Bestätigung der durch einfache Beobachtung und Erfahrung vermutheten Thatsache von dem Vorhandensein leitender Verbindungen zwischen Respirationstractus und Grosshirnrinde als dem Sitze des Bewusstseins, wie auch solcher zwischen jenem und reflexauslösenden Centren mit dem Sitze im verlängerten Marke. Als gewöhnliche Reize für diese centripetal leitenden Nerven bewähren sich Druck-, Schmerz- und chemische Reize wie das Eindringen von körperlichen Partikelchen oder irrespirablen Gasen mit der Athmungsluft; Erkrankungen der Respirationsorgane erzeugen oft heftige Schmerzen, welche u. a. durch Veränderungen des Athmungsrhythmus beantwortet werden.

β) Über die Thätigkeit der mit den Bewegungsorganen des Athmungsapparates zusammenhängenden Nerven gelingt es auf dem Wege des physiologischen Experimentes und der Beobachtungen an kranken Individuen sich Auskunft zu verschaffen.

Ch. Bell (1825) nennt den N. facialis den N. respiratorius faciei, ausgehend von der Thatsache, dass der genannte Nerv die Athemmuskeln des Angesichts innervirt, und dass demgemäss seine Durchschneidung Lähmung von deren Mitwirkung an dem Athemgeschäfte herbeiführt; es wurde bereits auf pag. 607 der widersprechenden Erfahrungen Cl. Bernard's und Ellenberger's über den Effekt dieser Operation gedacht; Faktum ist, dass die Stilllegung der respiratorischen Angesichtsmuskeln das Pferd zur vollkommenen Dienstleistung unfähig macht. Bei Thieren, deren Nasenflügel an der Athmung weniger Antheil nehmen, z. B. bei den Fleischfressern, ist die Schädigung keine so eingreifende. Die rhythmischen Athembewegungen der Nasenflügel gehen auch noch nach Durchschneidung der Trachea, also dann fort, wenn das Thier die Luft gar nicht mehr durch die Nasenöffnungen empfängt; sie bleiben ferner bestehen, wenn die Rumpfathmung durch Zerstörung oder Abtrennung des Hals- und Brustmarkes von der Medulla oblongata sistirt wurde (Flourens); sie werden dagegen ebenso wie jene zum Stillstande gebracht, wenn die letzgenannte Hirnpartie zerstört ist. Damit ist der Sitz ihrer centralen Erregung in dieser bethätigt. —

Das Spiel der Stimmbänder befindet sich in Abhängigkeit von den beiden Kehlkopfnerven des Vagus. Der N. laryngeus superior, der Versorger der Kehlkopfschleimhaut und der Stimmbänder mit sensiblen Fasern, sendet auch dem M. crico-thyreoïdeus Zweige, während alle sonstigen Stimmritzen-Verengerer und -Erweiterer von dem N. laryngeus inferior s. recurrens innervirt werden; er ist somit recht eigentlich der motorische Nerv des Kehlkopfes. Während Durchschneidung des ersteren nach Longet die Stimme zwar ein wenig rauh werden lässt, sonst aber keine eigent-

lichen Störungen im Athmungsvorgange bedingt, ruft die Resection des unteren Kehlkopfnerven schwere Störungen des Athemgeschäftes hervor.

Sogleich nach der beiderseitigen Durchschneidung des N. vagus nähern sich die Stimmbänder einander und bleiben unbeweglich, die Rima glottidis wird zu einer geraden Spalte, deren Dimensionen sich fast unveränderlich erhalten (Legallois 1812). Dadurch werden der zu inspirirenden Luft bedeutende Schwierigkeiten in der Passage der Glottis entgegengestellt, während der Austritt bei der Exspiration durch ein mechanisches Auseinandergedrängtwerden der Stimmbänder leicht zu Stande kommt. Der Grund für diese Verschiedenheiten in der Störung des Athemvorganges liegt in der anatomischen Einrichtung des Kehlkopfes; gelegentlich der Lufteinsaugung füllen sich auch die seitlichen Kehlkopfstaschen und die Stimmbänder nähern sich als mediale Begrenzung dieser der Medianebene um so mehr, je weniger sie angespannt werden; die Luftausstossung drängt dagegen mittelst des von der Trachea kommenden Luftstromes die Stimmsaiten lateralwärts gegen den Schildknorpel, entleert auf diese Weise die Morgagni'schen Taschen und schafft dadurch den für den Luftdurchtritt erforderlichen Raum. Diese Störungen in den concomitirenden Athembewegungen des Kehlkopfes erzeugten schliesslich bei den von Legallois benutzten jugendlichen Versuchsthieren (junge Hunde, Katzen, Kaninchen und Meerschweinchen) eine langsame Asphyxie, an welcher sie schon nach Ablauf $^1/_2$ oder 1 Stunde, selten erst nach längerer Pause eingingen; bei älteren Individuen erschien die Athemnoth weniger stark ausgeprägt, bei 3 Monate alten Hunden erfolgte der Tod danach nicht mehr; die mit dem Alter zunehmende Weite der Stimmritze ist wohl die Ursache dieser eigenartigen Erscheinung. Colin hat den Versuch auch bei Pferden ausgeführt und nach Entfernung des Lig. thyreo-cricoideum medium den Erfolg beobachtet; er sah auch hier eine Verengerung auf ca. 5 *qcm* Weite, aber niemals vollen Verschluss der Glottis, sodass etwa noch die Hälfte des bisher sie durchstrichen habenden Luftquantums passiren konnte; bei einigermassen angestrengterer Thätigkeit oder schnellen Gangarten war die Gefahr der Erstickung nahe.

Geht nach beiderseitiger Vagotomie das Versuchsthier nicht sofort oder binnen Stunden zu Grunde, was bei älteren Individuen wegen grösserer Rigidität der Stimmbänder recht wohl der Fall ist, so bildet sich nach kurzer Zeit in Folge der Lähmung der Stimmbandmusculatur und dadurch herbeigeführter Brachlegung des Glottisverschlusses, sowie der Paralyse des Oesophagus und damit veranlasster Verhinderung des Herabgleitens der Nahrung eine Bronchopneumonie durch Verschlucken oder Aspiration also Uebertritt der Mundflüssigkeit und Speisebestandtheile in die Luftwege aus, die das Thier nach kürzerer oder längerer Zeit tödtet (Traube, O. Frey, S. Mayer u. v. A.), und zwar Hunde nach 3—4, Schafe nach 3, Pferde nach 5—6 Tagen; sich schnell hinzugesellendes Lungenödem und Athmungsbehinderung durch die in Folge der Lähmung sich einstellende Gasansammlung in Pansen und Haube (Meteorismus) beschleunigten den Tod bei Wiederkäuern (Ellenberger). Die Lähmung der Bronchialmusculatur (Longet), bezw. der vasomotorischen Lungennerven und dadurch bedingte Hyperaemie (Schiff), die gesteigerte Herzfrequenz und die von ihr veranlasste Stauungs-Transsudation in das Lungenparenchym (Fowelen), die Vernichtung der Hering-Breuer'schen Selbststeuerung der Athmung (s. u.) endlich der Wegfall in den Vagis etwa enthaltener »trophischer Nerven« für die Lunge (Eichhorst) sind vielleicht unterstützende, aber nicht wesentliche Momente für den tödtlichen Ausgang der Operation.

Die Folgen einseitiger Durchschneidung des N. recurrens bezw. einseitiger Kehlkopfmuskellähmung, wie sie bei Pferden besonders linksseitig durch den Druck der Aorta gegen den um sie herumbiegenden und an der Trachea

vorbeiziehenden Stimmnerven und durch fortkriechende Brustfellentzündungen recht häufig in die Erscheinung treten, äussern sich in der Regel während der Ruhe des Thieres nur wenig (selten tritt schon hier eine vermehrte Athemfrequenz und »Pfeifen« ein), wohl aber in der Thätigkeit der Thiere, sobald der locomotorische Apparat in erhöhtem Maasse in Anspruch genommen wird. Dann hört man oft schon nach wenigen Gängen ein eigenartiges schnarchendes, pfeifendes oder sägendes Geräusch (Rohren, to roar, Pfeifen) vorzugsweise während der Inspiration, bei weiterer Entwickelung auch während der Exspiration, welchem sich bald auch dyspnoische Erscheinungen wie hohe Athemfrequenz, erschwertes Athmen etc. hinzuzugesellen pflegen. Als anatomische Veränderungen stellen sich danach gern parenchymatöse Degeneration und Atrophie der Kehlkopfmusculatur besonders des M. crico-arytaenoideus posticus ein. Die Athembewegungen der Stimmritze sollen bei jungen Hunden nach Abtrennung des Rückenmarks vom Gehirn noch einige Zeit hindurch fortgehen, jene fast unmerklichen Hebungen desselben während der Inspiration und Senkungen im Augenblicke der Exspiration dagegen dadurch sistirt werden (Colin), wohl weil deren Innervation von den Halsnerven ausgeht.

Die spinalen Athmungsnerven sind insgesammt motorischer Bedeutung für die Athmungsmusculatur des Rumpfes. Sie innerviren je die ihnen zugewiesenen Muskeln, ohne dass eine Trennung der für die Inspiratoren und Exspiratoren einer und derselben Region bestimmten Fasern in besondere Stränge vorläge; so führen z. B. die Intercostalnerven sowohl die Fasern für die inspiratorisch wirkenden Mm. intercostales externi und intercartilaginei, wie auch diejenigen für die exspiratorisch fungirenden Mm. intercostales interni. Als einzelner Nerv ist an der Innervation der Athmungsmuskeln am wesentlichsten betheiligt der N. phrenicus; einseitige Durchschneidung lähmt die gleiche Zwerchfellshälfte; Durchschneidung beider Nerven stellt das ganze Zwerchfell still, seine Reizung bewirkt kräftige Contraction des Muskels mit Herausdrängung der Bauchwandungen durch die zurückgeschobenen Bauchorgane; Durchströmung desselben mit dem konstanten elektrischen Strome erhält das Zwerchfell in dieser seiner inspiratorischen Einstellung und erzeugt schliesslich Asphyxie (Colin). Seine Erregbarkeit erhält sich noch mehr als $1/2$ Stunde nach dem Tode. Nach Wegfall der Zwerchfellaction in Folge der Nervendurchschneidung wandelt sich für kurze Zeit der abdominale bezw. costo-abdominale Typus in den costalen Typus um (s. S. 602). Wegen seiner unter gewöhnlichen Umständen augenscheinlich lebhaften Antheilnahme an dem Athmungsvorgange ist er von Ch. Bell als der N. respiratorius internus bezeichnet worden. Als accessorische Athemnerven sind die die Bauchmuskeln innervirenden Ausläufer der Nn. intercostales und die ventralen Aeste der N. lumbares, sowie der N. thoracicus longus, dem die Innervation des M. serratus anticus major zufällt; ihn hat Ch. Bell den N. respiratorius externus thoracis genannt. Beim Menschen wird der N. accessorius Willisii zum N. respiratorius superior trunci durch seine Verbreitung in dem M. sterno-cleidomastoideus.

Als Normalreiz für die sämmtlichen spinalen Athmungsnerven sind die vom

Gehirn speziell der Medulla oblongata ausgehenden Erregungen aufzufassen, welche den betreffenden Nervenursprüngen durch das Rückenmark und zwar augenscheinlich durch das jederseits im Seitenstrange entlanglaufende Respirationsbündel (Schiff) zugeleitet werden. Durchschneidung des Rückenmarkes dicht hinter seinem Austritte aus der Schädelhöhle, sistirt daher die Athmungsbewegungen des Rumpfes sofort, nicht auch die des Kopfes; ebenso wirkt Zerstörung der Medulla spinalis, während die der Medulla oblongata sämmtliche Athembewegungen sistirt. Theilweise Abtrennung bezw. Vernichtung des Rückenmarkes lähmt nur die Athembewegungen der hinter der Schnittstelle gelegenen bezw. der von dem zerstörten Markabschnitte innervirten Theile, so hören z. B die Bewegungen der Rippen in der Reihenfolge auf, wie das Brustmark vom kaudalen Ende angefangen, streckenweis discidirt wird; nach vollkommener Abtrennung des Brustmarkes vom Halsmarke steht der Thorax still. Setzt man die Durchschneidung hirnwärts in letzterem fort, so wird nach Ueberschreitung der Kerne der Zwerchfellsnerven auch die Zwerchfellsathmung sistirt; es hört also jede Athembewegung des Rumpfes auf, gerade so, wie wenn das Rückenmark in seinem Anfang abgetrennt ist. Die Ablösung des Lendenmarkes von dem Brustmarke kaudal von dem letzten Brustsegmente hat keinen Einfluss weiter auf die Athmung, als dass die hinteren Partien der Bauchmuskeln zur Ruhe kommen und nur noch passiv mitarbeiten (Flourens).

γ) Die centrifugalleitenden Fasern des N. vagus, welche mit den musculösen Elementen der Bronchien und Alveolen in Verbindung treten, sollen nach Longet (1842), Volkmann, P. Bert, Schiff u. A. entgegen Donders und Wintrich bei Nervenreizung zur Kontraction der kleinen Bronchien und Alveolen (Bronchialkrampf) Veranlassung geben, sie führen dadurch ein Steigen des in die Trachea luftdicht eingefügten Manometers nach Vagus-Reizung herbei (Rugenberg). Ihre Bedeutung wird danach in den den Lungengaswechsel vielleicht durch Anregung rhythmischer Contractionen der genannten Muskeln fördernden Einfluss verlegt.

B. **Die Athmungscentra**. a) Topographisches. α) Legallois (1812) wies mit Hülfe der oben theilweis angeführten Versuchsergebnisse (sofortige Sistirung der Athmung nach Zerstörung einer umschriebenen Stelle der Medulla oblongata etc. als den Sitz des Athmungscentrums die Medulla oblongata nach und bezeichnete einen Punkt in der Nähe des Ursprungs des N. vagus als denselben. Flourens bestätigte diese Erfahrung des erstgenannten Forschers und hiess das Athmungscentrum mit Rücksicht auf den obigen Erfolg seiner Zerstörung »point oder noeud vital«. Volkmann, Longet und Schiff stellten es nachfolgend als ein paariges Centrum dar, das seitlich von der Medianlinie gelegen, die Anbringung eines Medianschnittes ohne Beeinträchtigung der Athmung gestattet, dabei aber die Möglichkeit der ungleichzeitigen Athmung beider Körperhälften gewährt, und bei einseitiger Zerstörung dauernd nur durch gleichseitigen Athmungsstillstand beantwortet wird (Schiff).

Wider Erwarten fand sich jedoch an der fraglichen Stelle bei der von Gierke vorgenommenen mikroskopischen Untersuchung entsprechend operirter Thiere kein zusammenhängender Ganglienzellenhaufen

(Nervenkern), welcher mit centrifugal- und centripetalleitenden Nervenfasern in Verbindung stände, sondern anstatt dessen ein längsverlaufendes, mit kleinen Ganglien ausgestattetes Faserbündel, welches etwa 1 *mm* vor der Spitze des Calamus scriptorius lateralwärts vom Vaguskern verläuft, nach dem der anderen Seite Kommissurenfasern sendet, andere Fasern aber den Wurzeln des Vagus und Glossopharyngeus beimischt, bezw. aus Fasern der Vagus-, Trigeminus-, Glossopharyngeus- und Accessorius-Wurzeln sich zusammensetzt (Meynert) und bis in die Cervicalanschwellung des Rückenmarkes verfolgt werden kann (Goll). Ob die in den genannten Faserstrang eingesprengten oder andere der in der Medulla oblongata zerstreuten, so zahlreichen Zellen das eigentliche Athemcentrum bilden, steht dahin. Sicher aber darf nach Analogie geschlossen werden, dass auch im Athmungsvorgange selbständige, automatische Erregungen oder auch nur reflektorische Ueberleitungen ohne die Mitwirkung von Ganglienzellen nicht wohl möglich sind. Man hat sich deshalb daran gewöhnt, in der Medulla oblongata eine Art dominirenden Centrums zu suchen, dessen Existenz als eines einheitlichen Inspirations- und eines ebensolchen Exspirationscentrums besonders von Knoll, Marckwald, Zuntz und Geppert (1886), Kronecker, Loewy (1887) verfochten wird, und das jedenfalls von den oberen Hirncentren unabhängig seine rhythmische Thätigkeit von jenen geschieden fortsetzt (Zuntz und Geppert, Loewy).

β) Langendorff hat schon 1880 und nach ihm Wertheimer und manche Andere den Beweis erbracht, dass neben jenen auch spinale Athemcentra in verschiedenen Regionen des Rückenmarks liegen, welche auch bei geköpften, also des verlängerten Markes beraubten Thieren, hin und wieder die Athmung noch lange Zeit hindurch, scheinbar bald in verlangsamtem (Langendorff), bald in beschleunigtem (Wertheimer) Rhythmus fortgehen lassen. Viele Autoren nehmen daher dem Kopfmark-Centrum seinen dominirenden »monarchischen« Charakter und erblicken an dessen Stelle in ihm und den spinalen Centren »eine Anzahl von Gemeinden mit Selbstregierung, welche zu einem grossen Zwecke zusammenwirken«. Man ist somit darüber noch nicht einig, ob die spinalen Athemcentra dem in der Medulla oblongata gelegenen Centrum co- oder subordinirt sind; Grossmann hat mit Exner (1890) durch seine Versuche drei verschiedene Athemcentren unterscheiden gelernt: den Thorako-Phrenicuskern im Halsmarke, den Kehlkopfnervenkern im Vaguskerne des unteren Kopfmarkes und den Kopfathmungskern im Facialiskern des oberen Kopfmarkes; in ihrer Gesammtheit bilden sie das also nicht umschriebene Gesammt-Athemcentrum, das nur durch Zusammenwirken seiner drei einzelnen Kerne die normale Athmung ermöglicht und behufs Erhaltung des regelmässigen typischen Athemrhythmus selbst einzelner Abschnitte des Athmungsapparates den continuirlichen Zusammenhang mindestens zweier seiner Kerne fordert. Abtrennung des Facialiskernes von den beiden anderen

lässt die Athembewegungen von Kehlkopf und Rumpf fortgehen, diejenigen der Nase dagegen fast regelmässig stillstehen. Durchschneidung des Rückenmarkes zwischen Vagus- und Thoraxkern lähmt die Athembewegungen des Rumpfes bis auf Reste, lässt dagegen diejenigen von Kopf- und Kehlkopf in verlangsamtem Tempo und dyspnoischer Ausführung bestehen bleiben. Bei Anlegung beider Schnitte sistirt die Athmung entweder ganz, oder es hinterbleiben nur noch Andeutungen spontaner respiratorischer Kehlkopfaktionen. Der Vaguskern erlangt danach durch seine anatomische Lage zwischen den beiden anderen augenscheinlich eine dominirende Stellung, eine höhere Rolle aber scheint ihm nicht zuzustehen, da die Ursprungsganglien der motorischen Kehlkopfsnerven durch die Narkose gelähmt sein können, ohne dass die Athmungsrhythmik dadurch beeinträchtigt würde. Das im Seitenstrange verlaufende Respirationsbündel dürfte die intercentrale Verbindungsbahn der Athemcentren darstellen. Auch Mosso schliesst aus dem nicht gleichzeitigen Eintritt der Contractionen der verschiedenen Athemmuskeln (zunächst soll sich die Brustmuskulatur, dann das Zwerchfell contrahiren) auf das Vorhandensein verschiedener Athemcentren, die nicht ganz gleichzeitig und gleichartig arbeiten sollen, und Wertheimer (1887), der in allgemeiner Abkühlung warmblütiger Thiere auf 18—28° C. ein sehr werthvolles Hülfsmittel zur Wiederherstellung der Athmung nach Durchschneidung des Markes in der Höhe des Calamus scriptorius gefunden hat, geht so weit, den Athemstillstand nach Abtrennung des Rückenmarkes von dem verlängerten Marke nur als eine durch Schnittreiz bedingte Hemmungswirkung aufzufassen, möchte also den spinalen Athemcentren eine gewisse Selbständigkei vindiciren.

γ) Endlich fand Christiani (1881) am Boden des 3. Ventrikels im Innern der Thalami optici eine ganz umschriebene Stelle, welche als ein cerebrales Inspirationscentrum thätig zu sein scheint, insofern bei direkter Reizung derselben, oder durch Erregung des N. opticus und acusticus (auch nach Abtragung des Grosshirns und der Streifenhügel) inspiratorisch vertiefte und beschleunigte Athmung, selbst Stillstand in Inspirationsstellung resultirt. Das Centrum ist nicht selbstständig, sondern erfordert die Mitwirkung der intramedullären Centren. Ein zweites cerebrales Inspirationscentrum wurde von Martin & Booker in dem kaudalen Vierhügelpaare und ein exspiratorisches Centrum in dem nasalen Vierhügelpaare in der Nähe des Aquaeductus Sylvii nachgewiesen. Das Centrum des hinteren Vierhügelpaares soll nach Marckwald in gewissem Sinne und insbesondere nach Ausschaltung der Nn. vagi die Athmung dauernd beherrschen können. Endlich ist auch an der Grosshirnoberfläche in der 3. äusseren Windung lateral vom Rindenfelde des M. orbicularis palpebrarum eine Stelle festgestellt worden, welche elektrisch gereizt, eine durch Verlängerung der Athempause bedingte Athemverlangsamung herbeiführt, deren Eigenschaft durch Chloral- oder Aethernarkose in ihrer Wirksamkeit nicht beeinträchtigt zu werden, den Entdecker Unverricht (1888) selbst veranlasst, darin nicht gerade den Sitz eines Hemmungscentrums der Athmung zu erblicken, sondern nur einen Sammelpunkt für athmungshemmende Nervenbahnen. Marckwald konnte durch den vermittelst künstlicher Gefässverstopfung bedingten

Ausfall des Grosshirns und auch des nasalen Vierhügelpaares wenigstens bei vaguslosen Thieren keine Abänderung der Athmung eintreten sehen.

b) Automatie der Athmungscentra. Die Frage, ob das Athemcentrum ein automatisches sei, also aus sich selbst heraus, durch Stoffwechselvorgänge, welche in ihm selbst sich abspielen und nicht durch äussere Anlässe bedingt sind, die Anregung zu der rhythmischen Thätigkeit des Athemmechanismus liefert, ist nach den vorliegenden zahlreichen Untersuchungen positiv zu beantworten: das Gesammtathemcentrum, insbesondere das medulläre Athemcentrum besitzt Automatie, es bedarf weder äusserer Anlässe, noch des Reizes der Blut-CO_2 oder des O-Mangels zu seiner Functionirung (Luciani, Fano, Marckwald, Mosso, Langendorff u. A.).

Als Beweise hierfür darf man der Selbstbeobachtung und experimentellen Forschung entnehmen: 1. Der Willen vermag keinen eigentlichen Einfluss auf den Athmungsvorgang zu äussern, sondern er greift höchstens vorübergehend in den Athemrhythmus ein; 2. die unter Vermittelung des Gehirns zu übertragenden Sinneseindrücke sind für die Ingangerhaltung des Athmungsvorganges nicht erforderlich, denn dasselbe kann gänzlich abgetragen oder von der Medulla oblongata getrennt werden, ohne dass der Athemrhythmus absolut Noth leiden muss; 3. das Centrum bedarf auch der sensiblen Eindrücke seitens der zuleitenden Nerven nicht; die Nn. vagi, sympathici und selbst das Rückenmark können durchschnitten und somit ihr Einfluss auf des verlängerten Markes Centrum beseitigt werden, ohne dass absoluter Athemstillstand erfolge; Langendorff (1887) sah vielmehr noch nach Durchschneidung des Rückenmarkes zwischen 2. und 3. Halswirbel und Zerquetschung des peripheren Theiles desselben bei Fröschen ruhige Athembewegungen zu Stande kommen; und 4. der Gasgehalt des Blutes kann nicht als durchaus ausschlaggebend für die Action des Athemcentrums angesehen werden, denn selbst Thiere, in deren Adern statt des Blutes physiologische NaCl- oder Serumlösung kreist (Marckwald 1886), und Frösche, denen das Herz exstirpirt ist (Langendorff 1887), athmen und zwar nicht krampfhaft, sondern ruhig durch Stunden weiter.

Man darf also annehmen, dass unbekannte, sich im Athemcentrum selbst entwickelnde Zersetzungsproducte der intercellulären Säfte (Marckwald) die Bedingungen zu einer regelmässigen Abwechslung von In- und Exspirationsbewegung abgeben können; indessen thatsächlich steht das Athemcentrum bezw. die Athemcentra unter gewöhnlichen Verhältnissen unter der Herrschaft directer und indirecter (reflectorischer) Reize, welche ihm theils durch das Blut, theils durch seine Verbindungen mit der Peripherie übermittelt werden und dadurch als Reizerfolg oder Erregung allerhand Abweichungen von dem normalen ruhigen Athemgange nach Zahl und Tiefe der Respirationen erzeugen, wie sie in der Apnoë und Dyspnoë und gewissen reflectorischen Bewegungen des Athmungsapparates hervortreten.

c) Die Athemcentra unter dem Einflusse directer Reize. Die Functionirung der Athemcentra ist wesentlich von dem Gasgehalte des Blutes abhängig; dafür haben, abgesehen von zahlreichen Versuchen verdienstvoller Forscher der älteren und neueren Physiologie, in der neuesten Zeit Bienfait und Hogge (1888) einen sehr sprechen-

den Beleg erbracht: Sie unterbanden je zwei Kaninchen und Hunden beide Aa. vertebrales und je eine A. carotis, durchschnitten je die andere Carotis und vereinten deren Stümpfe kreuzweis mittelst Glasröhren, sodass das Gehirn des einen Thieres durch das Blut des anderen gespeist wurde; danach erschwerten sie oder hoben gar die Lungenlüftung des einen der beiden zusammengekoppelten Thiere auf; als Erfolg ergab sich unter diesen Bedingungen Dyspnoë nicht bei dem Thiere, dessen Athmung behindert war, sondern stets bei jenem, das das Blut des Erstickungsthieres erhielt. Und dieser störende Einfluss einer Abänderung im Gasgehalte des Blutes entspringt, wie aus dem Folgenden ersichtlich, nicht blos dem Missverhältniss in dem CO_2-Gehalte, sondern auch in dem O-Bestande des Blutes.

α) Das Verhalten der Athemcentra unter dem Einflusse der Blutgase. 1. Der normale ruhige Gang der Athmung, Eupnoea (Rosenthal), Anapnoë (Galen), ist nur durch den normalen Blutgasgehalt gewährleistet d. h. durch Schwankungen in demselben, welche innerhalb der physiologischen Grenzen liegen (Rosenthal).

2. Sättigung des Blutes mit O und Armuth an CO_2 erzeugt den Zustand vollkommenen Athemstillstandes, Apnoë, in Folge der Unerregbarkeit des Athemcentrums und des Mangels an Reizen, wie sie in O-Armuth und CO_2-Reichthum gegeben sind. Die Apnoë besteht unter normalen Verhältnissen während des Intrauterinlebens dauernd und ausserdem im Winterschlafe vieler Thiere; offenbar genügt in den genannten Lebensperioden, während deren der O-Verbrauch und die CO_2-Bildung in Folge des Darniederliegens fast aller animalen und der geringen Intensität vieler vegetativer Functionen an sich sehr beschränkt ist, der durch den Gasaustausch im Placentarkreislaufe bezw. der durch die kardiopneumatische Bewegung und wie bei einigen Winterschläfern durch dazu kommende periodische Athembedingungen herbeigeführte O-Ein- und CO_2-Austritt in das bezw. aus dem Blute den Bedürfnissen des Individuums in vollem Masse. Aber die Apnoë kann auch durch willkürlich beschleunigte und vertiefte Athmung vorübergehend erzeugt werden. Einführung reichlicher Luftmengen oder von Sauerstoff mittelst der künstlichen Athmung, wie sie von Vesal (1555) zuerst, dann von Hook (1667) ausgeführt und von den Physiologen der Neuzeit seit Legallois bei allerhand Experimenten, welche mit schwereren Eingriffen in den Athmungsvorgang verbunden sind, geübt wird, lässt sie nicht minder sich einstellen.

Die Apparate zur Unterhaltung der künstlichen Athmung bestehen im Prinzip aus einer Trachealkanüle und einem Blasebalge, welcher vermittelst Radtriebes in Gang erhalten wird; die erstere bildet eine aus zwei Neusilberröhren hergestellte Luftleitung, deren rechtwinkelig abgebogener Schenkel *A* um *A'* bei *c* beliebig drehbar ist und so nach allen Richtungen verstellt werden kann, während Röhre *B* in die

Trachea so eingeführt wird, dass das offene Ende *d* lungenwärts, das geschlossene Ende kehlkopfwärts gewendet ist; an *a* wird die Blasebalgleitung angesetzt; bei *b* vermag die überschüssige Blasebalg- bezw. die aus der Lunge stammende Exspirationsluft ihren Austritt zu nehmen. Mit Hülfe dieser Apparate kann man die erloschene Lungenathmung ersetzen, aber die Thiere auch unter veränderten Bedingungen athmen und die chemische Zusammensetzung des Athemgases variiren lassen.

Die Apnoë dauert indessen nur so lange an, als der O-Gehalt des Blutes nicht unter und der CO_2-Gehalt nicht über einen gewissen Grad hinausgegangen ist; mit dem Augenblicke des Eintrittes von O-Mangel oder CO_2-Ueberladung setzt die Athemthätigkeit des Thorax etc. ein. Gerade dieser veränderte Gehalt an Blutgasen, wie er sich während des Geburtsaktes ausbildet, ist auch die Ursache des ersten Athemzuges des Neugeborenen. Mit dem Beginn der Wesenthätigkeit vollzieht sich die Lockerung und schliessliche Ablösung des Fruchtkuchens und gleichzeitig damit eine Compression der Nabelgefässe; durch letztere wird der Zufluss des Blutes des jugendlichen Individuums gehemmt, durch erstere der Gaswechsel behindert, beides lässt das zur

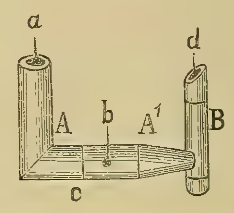


Fig. 63. Ludwig's Kanüle für künstliche Respiration.

Auslösung der ersten Athembewegung führende Athmungsbedürfniss entstehen (H. Schwartz 1858). Es ist also nicht, wie behauptet worden, die Berührung mit der atmosphärischen Luft, es ist auch nicht der Kältereiz, welcher jene veranlasst, sonst würde nicht auch der zwar ausgestossene, aber noch in seine Hüllen eingeschlossene, also vor den obigen Einflüssen geschützte Fötus athmen (Vesal 1542), sonst auch nicht der noch im geöffneten Uterus ruhende und von dem Amnion umhüllte Fötus, dessen Nabelgefässe comprimirt bezw. unterbunden werden. Die Versuche von Rosenthal, Zweifel, Pflüger und ganz neuerdings von Engström lehren diese Möglichkeit einer intrauterinen Athmung bei experimenteller Behinderung des Blutzuflusses zur Placenta, diejenigen Preyer's, Pflüger's und Engström's beweisen gleichzeitig, dass auch schon kräftige Hautreize Athembewegungen auszulösen vermögen, gerade so, wie auch bei künstlich apnoisch gemachten Thieren thermische Hautreize, wie Begiessen mit kaltem Wasser (von Preuschen) dies thun; Zuntz mit Cohnstein und einige Andere widersprechen allerdings der athemerregenden Wirkung sensibler Hautreize. Indess schon vor Kenntniss dieser experimentell festgestellten Thatsachen be-

dienten sich Aerzte und Hebammen der athmungserregenden mechanischen und thermischen Hautreizung bei neugeborenen Individuen, bei denen in Folge von Geburtshindernissen das übermässig lange un befriedigte Athmungsbedürfniss durch Ueberreizung Erschöpfung bezw. unvollkommene Lähmung des Athemcentrums herbeigeführt hat (schwache, nicht athmen wollende Kinder werden geschlagen oder kalt übergossen etc.).

3. In den Zustand hochgradiger Erregbarkeit, Dyspnoë, wird das Athmungscentrum durch O-Mangel und CO_2-Ueberhäufung im Blute versetzt. Beschleunigung und Vertiefung der Athembewegungen (dyspnoisches Athmen) und in höherem Grade ein angestrengtes, mühsames Arbeiten der Athemmuskeln sind die Aeusserungen dieser dyspnoischen Erregung, als deren Ursachen alle Momente erscheinen können, welche den normalen Gasaustausch erschweren: Störungen im Athemmechanismus, Verminderung der respiratorischen Oberfläche durch Exsudate, Collaps der Alveolen, Verdichtung des Lungengewebes mit Einengung der Blutbahnen, Compression der Lungen etc., weiterhin Aufenthalt in Sperrräumen oder Abschluss der luftleitenden Wege, dann Blutentziehungen und Störungen im cerebralen Kreislaufe, durch welche der Gaswechsel in dem Athmungscentrum behindert wird. Ueber das Wesen der Dyspnoe gingen ursprünglich die Anschauungen auseinander. W. Müller (1858) u. A. glaubten dasselbe in dem O-Mangel erkannt zu haben, Traube (1862) entschied sich für die CO_2-Ueberladung des Blutes. Die Untersuchungen Dohmen's und Pflüger's, deren Ergebnisse in den widersprechenden Erfahrungen mancher Autoren wie Thiry's, der anfänglich Müller, dann Traube zustimmte, eigentlich schon vordem Bestätigung gefunden hatten, bewiesen schliesslich, dass beide Defecte in der Zusammensetzung des Blutes, O-Mangel sowohl wie CO_2-Anhäufung Dyspnoë zu erzeugen vermögen, dass aber in der Regel beide Zustände zusammenwirken. Dyspnoë aus O-Mangel stellt sich z. B. ein beim Athmen im abgeschlossenen, mässig grossen oder luftverdünnten Raume und bei dem indifferenter, aber O-freier Gase, wo der Tod schon bei vermindertem Gehalte des Blutes an CO_2 erfolgen kann (Pflüger). Wodurch der Defect an O reizt, darüber sind die Forscher noch nicht ganz einig; A. Schmidt und Pflüger erinnern an die im Blute nachweislichen reducirbaren Substanzen und glauben, dass sie, die bei Vorhandensein von O gesättigt nicht reizen, im ungesättigten Zustande Nervenerregungen setzen können; Pflüger vermuthet weiter, dass durch O-Mangel O-bedürftige Atomkomplexe auch in dem Nerven-Gewebe geschaffen werden, welche als Reizstoffe das erregbare Gewebe in Thätigkeit versetzen. Dyspnoë aus CO_2-Ueberladung tritt regelmässig bei Athmung sehr CO_2-reicher Luft ein, wie in Sperrräumen, trotzdem sie sonst nur O enthalten, oder in grösseren schlecht ventilirten Räumen, die überfüllt sind etc. — Die directen Wirkungen des O-Mangels und der CO_2-Ueberladung sind indessen

verschieden, insofern als O-armes Blut vorzugsweise die Inspirations-, CO_2-reiches dagegen die Exspirationscentren reizt. — Fortgehende Desoxydation und CO_2-Anhäufung im Blute lässt schliesslich durch Ueberreizung Erschöpfung des Athemcentrums eintreten; dasselbe erlahmt, die vordem beschleunigten und vertieften Athemzüge werden wieder flacher und spärlicher, schliesslich erfolgen nur noch wenige schnappende Bewegungen, bei denen die eigentlichen Athemmuskeln ganz ruhen, und die Herzthätigkeit allmählich erstirbt: Asphyxie, ein Zustand, der, wenn nicht durch künstliche Athmung (wie Lufteinblasen, periodische Compression des Thorax, Rollen des Individuums um die Längsaxe, rhythmische Bewegungen der Brustgliedmassen gegen den Kopf etc.) das Blut von Neuem arterialisirt wird, zum Tode durch Erstickung (Suffocation) führt. Bei ganz allmählichem Eintritte der Venosität des Blutes kann die Asphyxie sich gewissermassen schleichend ausbilden und Erstickungstod ohne vorherige krampfartige Bewegungen erfolgen, das sogenannte Einschlafen sehr geschwächter Patienten, der ruhige allmähliche Tod ohne Todeskampf.

β) Das Verhalten der Athmungscentra unter der Mitwirkung der Wärme. Nächst dem Blutgasgehalte hat man in der Temperaturerhöhung ein wichtiges Reizmittel für die Athemcentren erkannt; sie ist ein solches sowohl bei allgemeiner Einwirkung auf den Körper wie bei localer Einwirkung auf das Gehirn. Fick und Goldstein (1871) konnten durch Umspülung der Art. carotis mit heissem Wasser, Frédéricq (1883) durch Auflegen von Eisstückchen auf die freigelegte Medulla oblongata den einander gegentheiligen Effekt, bei jener Versuchsanordnung Dyspnoë, bei dieser starke Abnahme der Athemfrequenz erzeugen. Darin ist dem Körper ein wichtiges Hülfsmittel zur Regulirung seiner Eigenwärme gegeben, insofern als die bei Wärme durch die vermehrte Athmung herbeigeführte lebhaftere Ventilation der Lungen durch Erwärmung eines in der Zeiteinheit grösseren Luftquantums dem Körper eine grössere Menge Wärme durch Leitung und Verdunstung entzieht, als wenn die Athmung eupnoisch ist. Umgekehrt ist das Verhältniss bei kalter Umgebungstemperatur.

γ) Unter den sonstigen Einflüssen auf die Athmungscentra nennen Zuntz mit Geppert (1886) als einen centralen Athemreiz eine Substanz, welche der Thätigkeit der willkürlichen Muskulatur ihren Ursprung verdankt; sie scheint in den Harn nicht überzugehen (Zuntz mit Loewy) und von jenen festen Säuren dargestellt zu werden, welche, in das Blut gelangend dessen Alcalescenz vermindern und ebenso wie das weniger alkalische Blut die Athmung beschleunigen. — Auch verschiedene die Nervencentren besonders im Bereiche des Rückenmarkes reizende Gifte, wie Strychnin, versetzen das Athmungscentrum älterer Thiere (nicht auch Neugeborener und Föten [Zuntz mit Cohnstein, Christiani]) in gesteigerte Erregbarkeit, und selbst bei decapitirten Thieren kann die Strychninvergiftung einzelne Athembewegungen auslösen. — Im Fötus befindet sich das Athemcentrum augenscheinlich in einem Zustande geringerer Erregbarkeit, der nach Christiani (1886) auf die noch unvollendete functionelle Entwickelung der

verschiedenen das sogenannte Athmungscentrum zusammensetzenden Gangliengruppen zurückgeführt und nach Rosenthal mit Falk durch den bei Föten und Neugeborenen besonders stark entwickelten sogenannten Tauchreflex, d. i. die Hemmung, gefördert wird, welche nachweislich die Athmung beim Eintritt von Wasser in die Nasenhöhle erfährt. Erst etwa 8 Tage nach der Geburt soll das Athemcentrum das normale Maximum seiner Erregbarkeit erlangen.

d) Die Athemcentra unter dem Einflusse indirecter Reize. Zur Uebermittelung indirecter Reize auf das Athemcentrum bedarf dasselbe der Verbindungen mit anderen Theilen des Centralnervensystems und mit der Peripherie.

α) Die Verbindungen der Athemcentra mit anderen Centren. Die Athemcentren bilden keine anatomische, wohl aber eine physiologische Einheit (Langendorff), sie müssen also, wie oben schon mehrfach zum Ausdrucke gebracht wurde, unter einander in leitender Verbindung stehen; wenn die Bahnen dieser auch noch nicht sicher festgestellt sind (z. B. Seitenstränge des Rückenmarkes für die Leitung von den Kopfmarkcentren zu den Rückenmarkcentren), so kann die Thatsache der Existenz solcher doch nicht mehr in Zweifel gezogen werden. Damit werden die Athemcentra zu einem Athemcentrum mit inspiratorischen und exspiratorischen Unterabtheilungen. Dieses Athemcentrum setzt sich nach mannigfachen physiologischen Erfahrungen auch mit anderen Centren in Connex. Ausser den Verbindungen, welche man zwischen ihm und den Centren mancher Sinneswahrnehmungen, deren Sitz im Grosshirn, geschlossen und zwischen ihm und den intramedullären Herz-, Gefäss- und Krampfcentren vermuthet hat, ist es jüngst (1888) Marckwald gelungen, eine solche zwischen ihm und einem Schluckcentrum festzustellen. Nachdem Knoll (1883) durch Reizungen der centralen Stümpfe der Kopfzweige des N. vagus (R. pharyngeus und laryngeus superior) Contractionen des Pharynx in Form von Schluckbewegungen und »Schluckathmungen« ausgelöst hatte, welche durch den N. trigeminus vermittelt werden, hat jener in der Medulla oblongata, und zwar dicht neben dem Athemcentrum, ein Schluckcentrum nachgewiesen, welches mit jenem und mit dem Glossopharyngeus-Kern die innigsten wechselseitigen Beziehungen unterhält; das genannte Centrum soll einen athmungshemmenden Einfluss ausüben können, in Folge dessen durch Reizung der Pharynxäste des Vagus und Glossopharyngeus die Athmung zeitweilig selbst zum Stillstande gebracht werden kann. Weiterhin erschwert Druck auf das Grosshirn die Athmung und macht sie röchelnd (Hegelmayer 1859).

β) Die Verbindungen der Athemcentra mit der Peripherie und die durch diese gesetzten Athemreize. Die Athmung kann durch periphere Reize angeregt und gehemmt werden, und zwar sind es mannigfache Körperstellen, von welchen diese Erregungen ihren Ausgang zu nehmen pflegen. Man hat vorzugsweise in den Verbreitungsgebieten der Nn. vagi und der Sinnesnerven von Auge, Ohr und Haut die Ausgangsstellen reflectorisch wirkender Reize zu suchen. Für gewöhnlich scheinen die Beschleunigungs- die Hemmungsreize zu überwiegen; ihnen fällt augenscheinlich ein hervorragender regulirender Einfluss auf den Athmungsrhythmus zu.

1. Der N. vagus in seinen Beziehungen zum Athmungsrhythmus. Die zur Beurtheilung des genannten Einflusses ausgeführten Versuche bedienten sich der Beobachtung der Folgen von Durchschneidung und Reizung eines oder beider Nn. vagi.

Schon in den älteren Perioden physiologischer Forschungsthätigkeit sind Durchschneidungen des Vagus, Vagotomien vorgenommen worden (Rufus von Ephesus Anfang des 2. Jahrhunderts n. Chr., Galen etc.); eine mehr systematische Untersuchung der Beeinflussung der Athmung durch die fraglichen Nerven verdanken wir aber erst unserem Jahrhundert; Legallois (1812) eröffnet den langen Reigen der Autoren, welche sich der genannten Aufgabe unterzogen haben; Traube, Budge, Eckhard, Nasse, v. Helmont, Pflüger, Rosenthal, Knoll, Langendorff, Marckwald u. v. A. haben sich unter den deutschen Forschern um deren Lösung besonders verdient gemacht. Als Endresultat ergiebt sich danach, dass der N. vagus Beschleunigungsnerv der Athmung ist, nach dessen beiderseitiger Durchschneidung Verlangsamung, nach dessen centraler, d. h. den hirnwärts führenden Stumpf des durchschnittenen Nerven treffenden Reizung Beschleunigung der Athmung erfolgt; einseitige Durchschneidung der Nerven hat in dieser Richtung keinen oder nur sehr vorübergehenden Erfolg. Der Rückgang der Athemfrequenz beträgt nach Valentin $^{7}/_{10}$, nach Anlegung einer Trachealöffnung nur $^{5}/_{10}$ der ursprünglichen Zahl; Nasse sah Hunde, die vordem 18mal respirirten, nur noch 5mal athmen; bei Eseln sank sie nach Mayer von 17 auf 7—8, bei Pferden auf 6—5 (Colin). Die Athmung wird dabei besonders inspiratorisch angestrengt, ja unzweckmässig vertieft, die gewechselte Luftmenge bleibt Anfangs die gleiche (Gad), dagegen ändern sich nach Valentin's sehr ausführlichen und für alle möglichen Versuchsmodalitäten ausgeführten Untersuchungen die quantitativen Verhältnisse des Gaswechsels; nach Durchschneidung beider Nerven nämlich sind aus einem Athemzuge etwa 4mal so viel O verschwunden, dagegen werden in ihm 3mal soviel CO_2, 12mal so viel N und 8mal soviel Wasser mehr zur Ausscheidung gebracht als in der Norm. Aus der Gesammtberechnung der absoluten Mengen der von 1 *kg* Thier in gegebener Zeit eingenommenen und abgegebenen Gase entspringt eine erhebliche Abnahme der CO_2-Ausscheidung und etwa gleich grosse Zunahme der O-Aufnahme; allmählich näherten sich die in so hohem Maasse abgeänderten Gaswechselgrössen den ursprünglichen, d. h. normalen Zuständen, ohne sie indessen jemals wieder ganz zu erreichen. Es ist nach Valentin wahrscheinlich, dass vor Allem die Alterationen der Athemmechanik diese Modificationen in der absoluten Grösse des Gaswechsels herbeiführen, aber nicht undenkbar scheint es, dass auch die übrigen von der Vagus-Lähmung gesetzten Störungen an diesem Umschlag der inneren Athmung Antheil haben. Nebenher gehen bedeutende Zunahme der Pulsfrequenz, verbunden mit Schwächung der Herzaction, Abnahme der Eigenwärme des Thieres und schliesslich erfolgt der Tod unter den Seite 635 geschilderten Umständen. —

Eine der Durchschneidung folgende schwache, tetanisirende Reizung der beiden centralen Vagus-Stümpfe erzielt Wiederbeschleunigung der Athmung (Budge 1854—1864, Eckhardt 1854) mit einer gegen die Norm vermehrten oder verminderten Anstrengung der Athemmuskulatur (Gad). Starke Reizung veranlasst Stillstand der Athmung in der Inspiration (Traube) oder, insbesondere nach Ermüdung der Nerven, in der Exspirationsstellung (Budge, Burkart, Wedenskii mit Heidenhain). Einzelreize z. B. durch einen einfachen Inductionsschlag sind wirkungslos (Marckwald mit Kronecker); flüchtige im Momente beginnender Inspiration applicirte, schwache, electrische Reizung beschränkt die Tiefe der nächstfolgenden Inspirationen, stärkere auch die der folgenden Exspirationen; stärkere Reizung im Momente der beginnenden Exspiration verkleinert die Exspiration und folgende Inspiration (Wedenskii mit Heidenhain). Ursache der durch die Durchschneidung herbeigeführten Athmungsverlangsamung ist nicht etwa die damit verbundene Lähmung der vom N. laryngeus inferior versorgten Athemmuskeln und der daraus resultirenden Glottis-Verengung, denn sie kommt auch zu Stande,

wenn das Thier durch eine Trachealfistel athmen kann, wie andererseits die Abnahme der Respirationsfrequenz, welche durch Durchschneidung der Nn. laryngei inferiores erzielt wird, noch bedeutend zunimmt, wenn nachfolgend auch die Halsvagi resecirt werden. Einseitige Reizung ist für die Athmung so gut wie bedeutungslos.

Die vorstehend geschilderten Thatsachen besagen, dass der N. vagus zunächst Beschleunigungsnerv für die Athmung ist, und dass er die diesen Einfluss ausübenden Fasern centripetal also den Athemcentren zuleitet; seine reflektorische Natur ist dadurch über allen Zweifel erhaben. Seine Einwirkungen übertragen sich vor allem auf die Inspirationsmuskeln, vorzugsweise das Zwerchfell, das er gereizt zu tonischer Contraction veranlassen kann. Als Beschleunigungsnerv der Athmung befindet sich der N. vagus in dem Zustande ständiger Erregung (Tonus); es ist noch nicht bestimmt festgestellt, welche Reize ihn darin erhalten.

Aber im N. vagus nehmen, wie Rosenthal (1861 und 1862) zuerst sicher festgestellt hat, auch athmungshemmende Fasern gegen das Athemcentrum, also als centripetalleitende und reflectorisch wirksame Fasern ihren Weg; sie ziehen vorzugsweise in den Bahnen der beiden Kehlkopfsnerven, N. laryngeus superior (Rosenthal) und N l. inferior s. recurrens (Pflüger mit Burkart, Hering mit Breuer) entlang.

Die Wirkungsweise dieser Nerven illustrirt Rosenthal durch folgende Versuchsergebnisse: die Durchschneidung beider Nn. laryngei superiores setzt zwar eine geringe Abnahme der Respirationsfrequenz, wohl infolge des Vorhandenseins in ständiger Erregung befindlicher Beschleunigungsfasern für die Athmung; wenn man aber nachfolgend den centralen Stumpf des einen oder beider oberen Kehlkopfnerven mit schwachem elektrischen Strome reizt, so tritt eine recht wohl merkliche Abnahme der Respirationsfrequenz mit Verlängerung der Athempausen ein, die bei stärkerer Reizung völligem Stillstande des Zwerchfelles in Exspirationsstellung Platz machte, bei zu lange anhaltender Reizung indess nachfolgend von einer erneuten Contraction des genannten Muskels ersetzt wird. Die unter der Reizwirkung der hemmenden Fasern spärlicheren Athmungen werden unter energischerer Muskelaction bewerkstelligt. Wiederholt man den Reizversuch nach vorheriger Durchschneidung des Halsstammes beider Nn. vagi, so fällt der Versuch, das Zwerchfell dauernd zur Erschlaffung zu bringen, negativ aus; die durch die Vagus-Discision herbeigeführten seltenen Respirationen führen eine derartige Venosität des Blutes herbei, dass die Erregbarkeit des Respirationscentrums ad maximum gesteigert wird, und alle Athemmuskeln besonders auch das Zwerchfell in Thätigkeit versetzt werden. Anhaltende Reizung mit starken electrischen Strömen endlich löst bei voller exspiratorischer Zwerchfellseinstellung krampfhafte und stossweise Contractionen des exspiratorischen Muskelapparates aus, wie sie bei sonstiger Kehlkopfsreizung als »Husten« erscheinen. Aehnliche Versuchsergebnisse, wie sie Rosenthal für den oberen Kehlkopfnerven schildert, erhielt Burkart jedoch in geringerer Intensität für den N. laryngeus inferior s. recurrens — aber alle diese Hemmungsfasern befinden sich nicht wie die Beschleunigungsfasern in einem Zustande ständiger Erregung, sondern scheinen nur gelegentlich durch besondere Reize in Activität versetzt zu werden; es besteht also ein Vagustonus, wie er z. B. nur für die herzhemmenden Fasern gelehrt wurde, so auch nur für die athmungsbeschleuni-

genden Fasern. Uebrigens darf hier nicht versäumt werden darauf hinzuweisen, dass nach dem Vorgange Schiff's die Nn. laryngei von vielen Forschern nicht als Träger specifischer, respirationshemmender Nervenfasern anerkannt werden, sondern dass sie vielmehr den bezüglichen Reizeffect nur ihrer sehr entwickelten Sensibilität verdanken, und so, gleich wie andere in Erregung versetzte Empfindungsnerven, (s. u.) Athmungsverlangsamung und event. exspiratorischen Zwerchfellstillstand erzeugen.

Endlich haben Hering und Breuer (1868) auch in den Lungenästen des N. vagus athmungsbeschleunigende und athmungshemmende Fasern nachzuweisen vermocht, welche durch mechanische Reize (Ausdehnung und Zurückziehung der Lunge) erregt werden und damit einen regulatorischen Einfluss auf die Athmung setzen, welcher den genannten Forschern den Anlass gegeben hat, in diesen Lungenausbreitungen des N. vagus die Vermittler einer »Selbststeuerung der Athmung« zu erblicken.

Ihre Beweisführung entnehmen sie folgendem Versuchsresultate: jede Aufblasung der Lunge mit atmosphärischer Luft oder irgend einem anderen indifferenten Gase wird mit einer Exspiration, jede Ansaugung derselben mit einer Inspiration beantwortet; es wirkt also der mechanische (nicht chemische) Reiz, welcher durch die inspiratorische Ausdehnung der Lunge gesetzt wird, erregend auf die Hemmungsfasern, wodurch die weitergehende Inspiration gehemmt und die Exspiration gefördert wird; dem gegenüber ist das exspiratorische Zusammensinken der Lunge ein Reiz für die athmungsbeschleunigenden Nervenfasern, welcher die weitere Exspiration hemmt und die Inspiration in Gang bringt. — Stephani und Sighicelli (1888) haben neuerdings die Ansicht ausgesprochen, dass es nicht der Dehnungswechsel des Lungengewebes sei, welcher die normalen Reize für den Wechsel von In- und Exspiration abgibt, sondern, dass die Aenderungen des intrapulmonalen Luftdruckes diesen Erfolg herbeiführten; sie konnten nämlich beobachten, dass auch schon geringfügige Luftverdichtung in der Lunge ohne gleichzeitige Lungendehnung nach kurzer Pause eine Inspiration auslöst, während die mit der Luftverdichtung verbundene Dehnung eine Exspiration veranlasst; nach Herabsetzung des intrapulmonalen Luftdruckes erhielten sie jedesmal eine tiefe Inspiration; sie sind deshalb geneigt, dem Vagus nicht blos zwei, sondern 3 verschiedene Arten centripetalleitender Nerven zu vindiciren: inspiratorische, exspiratorische und hemmende Fasern.

2. Die sonstigen Ueberträger reflektorischer Erregungen auf die Athmungscentren. Die Experimentalphysiologie hat einen Zusammenhang zwischen zahlreichen Sinnesnerven und dem Athmungscentrum nachzuweisen vermocht. So ist nach Christiani (1881) sowohl der N. opticus wie der N. acusticus Ueberträger athmungserregender Reize beim Kaninchen. Im N. olfactorius (Gourewitsch 1883) und sehr zahlreichen Hautsinnes- und inneren sensiblen Nerven (N. trigeminus, glosso-pharyngeus, splanchnicus etc.) laufen Fasern, welche bei schwacher Reizung die Athmung acceleriren, bei starker Reizung dagegen verlangsamen und gar exspiratorischen Athemstillstand bewirken (Schiff 1861, P. Bert, Langendorff, Knoll, Marckwald).

Als Beispiele für die Wirkung der fraglichen Nerven seien folgende Ergebnisse angeführt: Wird der Nasenast des N. trigeminus bei Kaninchen durch Tabaksrauch, Ammoniak oder Chloroformdämpfe gereizt, so wird dadurch fast der gleiche

Erfolg erzielt, wie bei der elektrischen Tetanisirung des N. laryngeus superior, nämlich langandauernde Erschlaffung des Zwerchfelles mit Athmungsstillstand (Hering und Kratschmer 1870). Mechanische Reizung der Ausbreitungsgebiete der gleichen Trigeminusfasern erzeugt ebenso gut eine reflectorische, krampfhafte Exspirationsbewegung (Niesen), wie diejenige der Fasern des N. laryngeus superior im Larynx Husten veranlasst. Sandmann (1887) ist überzeugt, dass in der Nasenschleimhaut bestimmte Reizzonen existiren, von denen allein Athemreflexe ausgelöst werden; beim Kaninchen und der Katze findet sich eine solche am Naseneingange, bei dem Menschen am vorderen und hinteren Ende der unteren und mittleren Nasenmuschel und den gegenüberliegenden Theilen der Nasenscheidewand; schwache Reizung, derselben lässt die Athmung sich verlangsamen bezw. stillstehen, starke Reizung in der Regel exspiratorischen Stillstand eintreten. Der N. glossopharyngeus enthält nach Knoll (1885) inspirationserregende bezw. athembeschleunigende Nervenfasern; Marckwald (1887) möchte denselben mehr die Bedeutung mit sehr protrahirtem Latenzstadium ausgestatteter Hemmungsfasern der Athmung zuschreiben, welche eventuell hemmend in den Schluckathmungsmechanismus eingreifen und bei dem Schluckacte das Verschlucken des Bissens während der Inspiration verhüten sollen; die Schluckathmung erlange so nicht die Bedeutung einer die Lungenlüftung unterstützenden Athembewegung, sondern einer Schutzvorrichtung gegen die Gefahren des Verschluckens. — Mechanische Athmungshindernisse scheinen verschiedene Wirkung auf den Athmungsvorgang zu äussern, nach Knoll (1887) verlangsamen reine inspiratorische Hindernisse die Athmung in der Regel, Langendorff und Seelig (1886) konnten diesen eine derartige Wirkung nicht zuerkennen, vielmehr sahen sie keinen oder sogar einen beschleunigenden Effect. — Der N. splanchnicus Sympathici ist augenscheinlich der Ueberbringer centripetalleitender Fasern für das Athmungscentrum, deren Erregung ausschliesslich exspiratorischen Athemstillstand erzeugt (Graham mit Pflüger 1881). — Für die Hautsinnesnerven sind Schmerzens- und thermische Reize die wirksamsten; erstere rufen oft nach vorhergegangenen klonischen Zuckungen der Inspiratoren (Zwerchfell) tiefe Exspiration mit nachfolgendem Exspirationsstillstande hervor. Die starke Abkühlung mittelst der kalten Douche veranlasst dagegen eine sehr intensive und tiefe Inspiration, der sich nach mehr oder weniger langer Pause auf der Höhe dieser Athemphase eine meist allmählich ablaufende Exspiration anschliesst; Zunahme der Umgebungstemperatur des weiteren steigert die Athemfrequenz und die Grösse des gewechselten Luftquantums, Abnahme derselben lässt beide zurückgehen (s. S. 644).

C. **Die Regulirung der Athembewegungen.** Unter Zugrundelegung der gegebenen Darstellungen ergiebt sich danach für die Innervation des Athmungsvorganges folgendes Schema: Der thierische Gaswechsel wird ermöglicht durch einen Bewegungsmechanismus, welcher als ein rhythmischer durch das Eingreifen activer und passiver Kräfte in Gang gesetzt und erhalten wird. Die Action desselben nach Rhythmus und Frequenz ist wesentlich durch die Mitwirkung des Nervensystems bedingt. Gewisse in dem Centralnervensystem belegene Zellengruppen, von denen diejenige des verlängerten Markes als prädominirendes Athmungscentrum augenscheinlich einen besonders hervorragenden Platz einnimmt, geben aus gewissen Ursachen den Impuls zur Auslösung einer Athmung, einer In- oder Exspiration, indem sie den in

ihnen herrschenden bezw. erzeugten Erregungszustand mittelst centrifugaler Leitungen den Athmungsmuskeln übermitteln. In ihrer Thätigkeit können sie durch allerhand äussere oder innere Vorgänge beeinflusst werden, da das Athemcentrum mit fast allen Theilen des Körpers Verbindungen unterhält, welche als centripetal leitende die dort wirkenden Eindrücke demselben zuzuleiten vermögen; so kann die Athemfrequenz vermehrt oder vermindert, vertieft oder abgeflacht, auch der gewöhnliche Athemrhythmus selbst unterbrochen werden. Die obigen Darstellungen enthalten auch eine ganze Anzahl äusserer und innerer Reize für das Athmungscentrum, welche sich aus der Erfahrung und dem physiologischen Experimente für den augenblicklichen Gang der Athmung wirksam erweisen. Sie geben indessen noch nicht genügende Auskunft über die Umstände, welche unter gewöhnlichen Verhältnissen Athemrhythmus und Frequenz bedingen, und so recht eigentlich die Regulirung der Athmung übernehmen.

Trotz zahlreicher hierauf gerichteter Versuche ist auch heutigen Tages die Summe der positiven Ergebnisse zu gering, um hierfür die unumstössliche Basis zu liefern.

Während J. Müller die Rhythmik der Athembewegungen auf eine specifische Eigenschaft des Athemcentrums zurückführte, stellte J. Rosenthal (1862) im Anschluss an Pflueger's allgemeines Schema für die nervösen Erregungsvorgänge ein »Bild oder Gleichniss« dahin gehend auf, dass er für die Erklärung des Zustandekommens der Auslösung von Athembewegungen die Ueberwindung einer Summe von Widerständen als nothwendige Vorbedingung supponirte, behufs deren der Reiz einer gewissen Höhe bezw. eines Schwellenwerthes bedarf, der grösser ist als das der Erregung sich entgegenstellende Hemmniss. Es würde demnach jeglichem Uebergang einer Erregung von Nervenzelle zu Nervenzelle ein Widerstand entgegengesetzt, dessen Beseitigung erst möglich wird, wenn der Grad der durch den ständig fortwirkenden Reiz anwachsenden Erregung denjenigen der sich widersetzenden Hemmung übertrifft. In diesem Momente erfolgt der Durchbruch, die Entladung der angesammelten Spannkraft in Form einer Athmung, nach Ablauf deren sich der Reiz von Neuem ansammeln muss, um den Schwellenwerth zu erreichen, der zur Auslösung der folgenden Respiration erforderlich ist u. s. f.

Dieses Gleichniss Pflüger's verschafft uns zwar eine recht anschauliche bildliche Darstellung des Zustandekommens einer Athmung als Effect einer Reizwirkung — aber den gewöhnlichen Reiz, welcher die Athmung auslöst, nennt es nicht. Dessen Wesen können wir uns nun in dreierlei verschiedenen Möglichkeiten versinnlichen: entweder in der Wirkung gewisser Stoffwechselprodukte, welche als die Erzeugnisse der Zellenthätigkeit in loco entstehen, oder in der Einwirkung der durch die Activität des Gesammtkörpers gebildeten Schlacken bezw. consumirten Nährstoffe (CO_2-Reichthum bezw. O-Mangel,

anderweite Umsetzungsproducte) oder endlich in dem Eingreifen peripherer z. B. in der Lunge wirkender, mechanischer oder chemischer Reize. Die ersteren beiden Möglichkeiten würden als centrale Reize directe Einflüsse abgeben, die letztere ein indirectes, reflectorisch übertragenes Irritament setzen, welches die Regulirung der Athmung bewerkstelligt.

Wie oben (p. 640) dargethan wurde, wohnt dem Athemcentrum eine wahre Automatie inne, welche es ihm ermöglicht, von sich aus, ohne äussere und innere Einwirkung, selbst auch ohne die Cooperation des Blutes bezw. der Blutgase Athembewegungen in rhythmischer Wiederholung auszulösen Es beweist dies vor allem Anderen die Thatsache, dass enthirnte und herzlos gemachte Individuen und solche, in denen statt des Blutes Kochsalz- oder Serumlösung kreist, und bei welchen sämmtliche zu dem Athemcentrum leitenden Verbindungen von der Peripherie durchschnitten sind, noch ruhig zu athmen vermögen, wenn nur deren Athemcentrum intact erhalten wurde — aber für den anhaltenden regelrechten Fortgang der Athmung kann doch die Mitwirkung directer oder indirecter Reize nicht entbehrt werden. Die Influenz der Blutgase ist für sie augenscheinlich der bei weitem belangreichste Antrieb, da nachweislich jeder Mangel an O und jeder Ueberschuss an CO_2 zur Auslösung von Athembewegungen führt, welche als eine Art Selbstregulirung die Lungenlüftung fördern und dadurch Gelegenheit zur vermehrten O-Aufnahme bezw. CO_2-Abgabe bieten. In beiden Fällen wäre der Sitz des den Athemrhythmus bedingenden Reizes ein centraler.

Dass indessen neben diesen centralen Erregungsvorgängen auch peripher wirkende, centripetal weitergeleitete Irritamente an der Regulirung der Athmung wesentlichen Antheil haben, bestätigt die Erfahrung, dass mit Durchschneidung der dem Athemcentrum die Hauptimpulse zuleitenden Nn. vagi die Athmung einen durchaus abgeänderten Typus annimmt, trotzdem alle sonstigen Verhältnisse von dem Eingriffe unverändert bestehen bleiben. Man hat deshalb daran gedacht, dass die anderweitigen centralen Innervationsimpulse seitens der Nn. vagi eine gesetzmässige Regelung erfahren; der Nerv besitzt inspirationshemmende und inspirationserregende Fasern, von denen die einen wie die anderen durch ihr Eingreifen in den Athmungsvorgang dessen Regelmässigkeit gewährleisten. Dadurch wird, wie Rosenthal zuerst darthat, der N. vagus der Regulator der Athmung; er ist das vorzugsweise für den Ablauf der Athembewegungen und erst in zweiter Linie für das Mass der Athemgrösse d. h. für die Menge der in der Zeiteinheit die Lunge durchströmenden Luft.

Den Vorgang der Regulirung verlegt der genannte Autor in die Hemmungsvorrichtungen, welche nach seinem Schema seitens der Respirationsreize der Blutgase zu überwinden sind, um eine Einathmung auszulösen. Die Grösse dieser Widerstände können die inspirationserregenden Fasern des Vagus vermindern; treten diese in Thätigkeit,

dann genügt eine geringere Aufstauung an Reizen, um jene zu überwinden, die Athmung wird beschleunigt und gleichzeitig abgeflacht. Die inspirationshemmenden Fasern des Vagus dagegen vermehren den hypothetischen Widerstand im Athmungscentrum und fordern, selbst in Erregung versetzt, ein bedeutenderes Anwachsen der Blutreize; dadurch aber, dass eine grössere Summe wirksamer Anstösse zur Auslösung einer Athmung nöthig ist, verlangsamen sie die Aufeinanderfolge, also das ganze Tempo der Athmung, wie sie auch andererseits deren Tiefe entsprechend vermehren. Es hängt dabei naturgemäss von dem Grade der Erregung dieser antagonistisch wirkenden Vagus-Fasern ab, in wie weit durch sie die Athmung verlangsamt bezw. beschleunigt wird; sehr hochgradige Erregung der athmungsbeschleunigenden Fasern kann recht wohl die Widerstände ganz lahm legen und so den stetigen Abfluss der Reize von dem Athemcentrum zu den Muskeln bedingen; die nächste Folge davon würde tetanische Contraction der Inspirationsmuskeln sein.

Zu alledem bedarf es jedoch einer primären Reizung der Nn. vagi — und gerade die Erkenntniss von deren Natur liegt unserem Wissen noch ziemlich fern. Ist es der Gasgehalt des Blutes in den Lungencapillaren oder der Dehnungszustand der Lunge, welcher den fraglichen Reiz setzt? Die erstere Möglichkeit wurde durch Berns positiv fundirt, seine Versuche lassen schliessen, dass die peripheren Vagusenden durch gewisse Gase, wie CO_2, erregt werden, und Donders gründet darauf auch die Vermuthung, dass die Zunahme der Concentration des Luftgehaltes an CO_2 bei der Exspiration in den grossen Bronchien die Ursache für die folgende Inspiration abgebe. Gad, der mit Zagari neuestens die Empfindlichkeit der Vagusenden in den Hauptbronchien geprüft hat, beobachtete zwar, dass bei Einathmung reiner CO_2 schon die erste Respiration stark vertieft ist, und dass demnach der Angriffspunkt dieser Reflexwirkung in jenen zu suchen ist, zumal dieselbe nach Durchschneidung der Nn. vagi hinwegfällt, — er kann aber trotzdem in der Donders'schen Theorie nicht die wirkliche Ursache des Athemrhythmus erblicken, da unter normalen Verhältnissen der CO_2-Gehalt der Exspirationsluft in den Hauptbronchien niemals den Grad erreicht, wie er zur Auslösung des genannten Reflexes erforderlich ist. Es bleibt somit, wenn man diesem Gedankengange Gad's sich anschliessen will, nichts Anderes übrig, als zu der Hering-Breuer'schen Lehre von der »Selbststeuerung der Athmung« durch den Einfluss mechanischer Dehnung bezw. Compression der Lunge auf die Empfindlichkeit der Vagusenden zurückzugreifen. Wie schon oben (siehe Seite 648) ausgeführt, würde sich danach die inspiratorische Dehnung zum Reiz für die Enden der inspirationshemmenden Lungennerven gestalten, sobald die Lunge den normalen Dehnungsgrad erreicht hat; indem deren Erregung den Widerstand der inspirationsbeschleunigenden Impulse im Athemcentrum mehrt, schafft sie gleichzeitig die Möglichkeit des Eintrittes der Exspiration dadurch, dass sich zu den noch rückständigen neue Anregungen hinzu gesellen,

welche zusammen schneller als ohne jene die neue Inspirationsbewegung auslösen.

Nach der geschilderten Lage der Dinge geht der erstmalige inspiratorische Reiz von dem zwar zur Automatie befähigten Athemcentrum aus und ist seiner Natur nach ein Blutgas-Impuls; aber der Rhythmus der Athmung wird wesentlich beherrscht von den in den Nn. vagi enthaltenen Fasern, welche das Vermögen besitzen, sei es durch chemische, sei es durch mechanische Reize die Inspiration zu hemmen oder zu erregen und dadurch die Athmung zu beschleunigen und gleichzeitig abzuflachen oder zu verlangsamen und damit zu vertiefen.

III. Die Stimme und die thierischen Geräusche mit Einschluss der Sprache und besonderen reflectorischen Athembewegungen.

Alle Lautgebungen des thierischen Individuums sind, um mit Darwin zu sprechen, Ausdrucksbewegungen, welche direct durch Gemüthserregungen oder reflectorisch durch die Einwirkung äusserer oder innerer Reize auf die Sinnesorgane hervorgerufen werden und der Thätigkeit besonderer Muskelgruppen ihren Ursprung verdanken. Es ist daher ein ganz allgemeiner Usus, die Stimme (und Sprache) unter den Bewegungsvorgängen abzuhandeln. Die eigentlichen Vorrichtungen für die Entstehung der thierischen Laute und ihre Modulation sind indessen anatomisch dem Respirationsapparate eingeschaltet und functioniren unter der Mitwirkung respiratorischer Kräfte. Das ist der Grund, weshalb das Kapitel über die thierischen Laute hier der Physiologie der Lungenathmung angeschlossen wird. Dasselbe kann nach der Bestimmung dieses Buches die Lehre von der Stimme und Sprache naturgemäss nur in ihren Grundprincipien wiedergeben und nicht in ihrem ganzen Umfange enthalten. Für das eingehendere Studium aller einzelnen Details über die Modulationsfähigkeit der menschlichen Stimme und das Zustandekommen der Laute unserer Sprache ist Joh. Müller's Handbuch der Physiologie des Menschen, Coblenz 1840, Seite 141 ff. zu empfehlen; in ihm finden sich die klassischen Untersuchungen des genannten Autors in ausführlicher Darstellung zusammengetragen.

a) Die Entstehung der Stimme und ihrer Modificationen.

A. Akustische Vorbemerkungen. Schall nennt die Akustik jede Gehörsempfindung, welche durch die Schwingungen elastischer Körper erzeugt wird. Die schallerregenden Körper können fest, flüssig oder gasförmig sein, das fortpflanzende Medium aber ist fast ausschliesslich die Luft. Demnach sind die Gehörswahrnehmungen in der Regel auf Wellenbewegungen der ponderablen Lufttheilchen zurückzuführen, welche durch die Erschütterungen eines durch Stoss oder Reibung in Bewegung versetzten festen oder flüssigen Körpers, durch plötzliche Verdünnungen oder Verdichtungen gasförmiger Körper und andere Vorgänge hervorgerufen werden und sich bis zu unserem Ohre fortpflanzen.

Die Art der Gehörsempfindung hängt von der Regelmässigkeit oder Unregelmässigkeit der Schwingungen ab; regelmässige Schwingungen eines schallenden Körpers erzeugen in uns die Empfindung von etwas Gleichartigem, wir heissen sie einen Klang oder Ton; unregelmässige Schwingungen dagegen percipiren wir als ein Geräusch; sehr kurz dauernde Schallschwingungen dagegen als einen Knall.

Nach seinen Qualitäten pflegen wir an dem Schalle die Höhe oder Tiefe und die Intensität oder Stärke zu unterscheiden. Was die erstere anbelangt, so ist dieselbe vor allem abhängig von der Geschwindigkeit, mit welcher der schallende Körper schwingt d. h. von der Anzahl der Schwingungen, welche der Körper in der Zeiteinheit ausführt, und es gilt dafür das Gesetz, dass der Ton um so höher ist, je grösser die Zahl der Schwingungen, dass er dagegen um so tiefer, je geringer diese — oder mit anderen Worten, er ist um so höher, je kürzer die Wellenlänge (Elongation), und um so tiefer, je länger diese. Denkt man sich also als tönenden Körper die schwingende Saite, so erhält man von der längeren Saite den tieferen, von der kürzeren Saite gleicher Spannung, gleichen Materials und gleicher Dicke den höheren Ton, und zwar ist die Tonhöhe der Länge umgekehrt proportional. Bei der gleichen Saite wächst aber ihre Tonhöhe mit der Spannung, wie andrerseits von zwei gleichgespannten und gleichstarken Saiten die dichtere den tieferen, die weniger dichte den höheren Ton — oder von zwei gleichgespannten, aus gleichem Materiale bestehenden, gleichlangen Saiten die dickere den tieferen, die dünnere den höheren Ton giebt. Die Grenze der Wahrnehmbarkeit der Töne ist 16—23 Schwingungen in 1″ für die tiefsten und 40960 Schwingungen in 1″ für die höchsten Töne (Preyer). In musikalischen Instrumenten, z. B. den sog. Zungenwerken, äussern auch noch andere Momente Einfluss auf die Tonhöhe (s. u.). — Die Schallstärke, d. h. die Intensität, mit welcher wir den Ton wahrnehmen, ist das Product der tonerzeugenden Kraft und der Entfernung des schallerregenden Instrumentes von unserem Ohre. Bei gleichbleibender Entfernung ist die Tonstärke proportional dem Wege, welchen jedes Theilchen des schallenden Körpers in derselben Zeit ausführte, d. i. der Höhe oder Amplitude der Schallwellen, je grösser diese, um so stärker ist der Schall und umgekehrt, mit anderen Worten, der gleiche Ton kann stärker oder schwächer sein; im ersteren Falle ist die Entfernung, bis zu welcher sich die Einzeltheilchen von der Mittellage entfernen, grösser, im letzteren geringer; damit ist gleichzeitig gesagt, dass vor allem die Grösse der tonerregenden Kraft Einfluss hat auf die Schallstärke. Bei ungleicher Entfernung der schallerzeugenden Vorrichtung aber gleichbleibender Kraft wird die Intensität des Schalles um so grösser sein, je näher sich dieselbe unserem Ohre befindet; sorgfältige Prüfung der bezüglichen Differenzen ergiebt, dass die Schallstärke dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional ist, d. h. ein Schall, welcher von der Entfernung 1 mit der Intensität 1 vernommen wird, hat bei der Entfernung 2, 3 . . . nur mehr die Intensität $^1/_4$, $^1/_9$ . . . Endlich ist auch die Zahl der in Schallschwingungen versetzten Molecüle nicht bedeutungslos für die Stärke des Schalles; durch das Mittönen anderer Körper z. B. des Resonanzbodens und der in ihm befindlichen Luft wird der Ton des Instrumentes erheblich verstärkt; der Körper wird indessen nur in tönende Mitschwingungen versetzt, wenn er schon für sich allein oder durch Theilung in aliquote Theile den gleichen Ton giebt.

Einfachste tonerzeugende Instrumente. Töne lassen sich durch alle Instrumente erzeugen, welche durch pendelartige Schwingungen eines elastischen Körpers Wellenbewegungen der ihn umgebenden schallleitenden Medien, also der Luft, erregen. Unter diese Instrumente gehören die sogenannten Zungenwerke, Mechanismen, nach deren

Princip der Kehlkopf, das Stimmorgan der Säuger, construirt ist. Das primitivste Zungenwerk besteht aus einem in einen schmalen Spalt frei hineinragenden, an seinem einen Ende befestigten Metallplättchen; durch das Andrängen eines Luftstromes in Bewegung versetzt, erzeugt das Plättchen Luftschwingungen, welche einen nach der Intensität des anblasenden Luftstromes zwar stärkeren oder schwächeren, aber nach der Höhe gleichbleibenden Ton wahrnehmen lassen.

Die Höhe des Tones kann, abgesehen von der Länge, Spannung, Dichtigkeit und Dicke der Zunge (s. o.) wesentlich modificirt werden, wenn man an die die Zunge enthaltende Spalte ein Ansatzrohr anfügt und so aus dem einfachen Zungenwerke eine Zungenpfeife werden lässt; der in dieser erzeugte Ton ist nämlich nicht blos das Product des durch die Eigenschwingungen der Zunge entstehenden Tones, sondern gleichzeitig auch des den Schwingungen der angeblasenen Luftsäule entstammenden Tones, dessen Höhe abermals der Länge dieser d. i. des Ansatzrohres entspricht (s. o.) Sind beide Töne von Haus aus von einander verschieden, so wirken die Schwingungen der Zunge in der angeblasenen Luftsäule derart auf einander, dass an Stelle zweier Töne ein einfacher, sowohl von dem Eigenton der Zunge wie der Luftsäule differenter Ton resultirt (Accommodation). Die bis auf das fixirte Ende allerwärts bewegliche Zunge kann durch einen beiderseitig in der Oeffnung des Mundstückes befestigten, elastischen, seitlich nicht ganz abschliessenden, membranösen Streifen oder aber durch zwei nur eine ganz schmale Spalte zwischen sich übrig lassende, angespannte Membranen ersetzt werden. Die Tonerzeugung ist alsdann auf Luftschwingungen zurückzuführen, welche durch rhythmische Ausweichbewegungen der elastischen Zungen gegenüber dem anblasenden Luftstrome herbeigeführt werden. Durch das Anblasen der Membranen nämlich wird in Folge der einseitigen Druckzunahme die elastische Spannung der Zungen überwunden, und so die Spalte durch Ausweichen der sie umsäumenden Zungenlippen erweitert; damit ist der Raum zu plötzlichem Entweichen der andrängenden Luft und so die Möglichkeit zu rapider Spannungsabnahme diesseits der Membranen gegeben; die Zungen können in Folge dessen wieder in die Ruhelage zurückkehren, um unter fortgehendem Anblasen nach Ansammlung neuer Druckkraft und dadurch herbeigeführter Ueberwindung ihres elastischen Widerstandes abermals die Oeffnung zum Durchtritte der angeblasenen Luft freizugeben u. s. f. Die bei gleichmässiger Druckwirkung des andrängenden Luftstromes rhythmisch erfolgenden Ausweichbewegungen treffen die Luft des Ansatzrohres und setzen diese in geeignete Mitschwingungen als Verdichtungen und Verdünnungen der Luft des Ansatzrohres, welchen beiden der durch Accommodation einheitliche Ton seinen Ursprung verdankt. Nach J. Müller folgen die elastischen Membranen oder membranösen Zungen, die die Oeffnung umranden, den Schwingungsgesetzen elastischer Saiten. Die Höhe des Tones wächst danach mit der Spannung der Zungen und nimmt mit der Zu-

nahme von deren Länge ab, ist ausserdem auch noch von der Stärke des tonerzeugenden Luftstromes abhängig, indem ein stärkeres Anblasen membranöser Zungen den Ton höher, schwächeres tiefer werden lässt. Letzteres Moment, die Stärke des Anblasens, übt jedoch ganz besonders hervorragenden Einfluss auf die Stärke des Tones, welcher jener direct proportional ist, da durch stärkeres Anblasen die Schwingungsamplitude vergrössert wird. Die Enge oder Weite der intermembranösen Spalte endlich ist für die Höhe des Tones ohne Bedeutung, nur erfordert die weitere Spalte zur Erzeugung eines Tones grössere Kraft im Anblasen als die schmälere Oeffnung.

Den Einfluss des Ansatzrohres suchten Joh. Müller (1840) für Mundstücke mit einer einfachen membranösen Zunge und nach ihm Rinne (1850) für solche mit zwei membranösen Zungen festzustellen Während ersterer in dem Ansatzrohre mit einer membranösen Zunge das Hülfsmittel zur Vertiefung des Tones fand, welche im Allgemeinen fortging, bis der Grundton der Röhre dem der Zunge sich näherte, aber mit der Verlängerung des Rohres nicht Schritt hielt, sondern bei gewisser Länge den Ton wieder auf den Grundton der Zunge zurückspringen liess, zeigte Rinne an seinen mit zwei Membranen ausgestatteten Mundstücken, dass die Tonhöhe, trotz Anbringung eines Ansatzrohres, so gut wie unverändert blieb, wenn beide Zungen gleichmässig angespannt waren; erst bei ungleicher Anspannung derselben trat eine erhebliche Vertiefung des Tones ein, die um so bedeutender wurde, je grösser die Spannungsdifferenz in beiden Membranen war. Ferner stellte sich fortschreitende Vertiefung der Tonhöhe mit zunehmender Bedeckung der Endöffnung des Ansatzrohres, dagegen fast regelmässig eine Erhöhung des Tones bei Verengerung des Ansatzrohres dicht über den Zungen ein.

Wie einerseits das Mundstück durch ein Ansatzrohr, so kann es andererseits von dem Anspruchsende her durch das Windrohr verlängert, und auch dadurch auf die Höhe des Tones eingewirkt werden. Die Modificationen der Tonhöhe, die dadurch erzielt werden, fallen im Allgemeinen mit den durch das Ansatzrohr herbeigeführten zusammen. Verlängerung desselben und Verengerung des äusseren (Anspruchs-) Endes vertiefen, Verengerung dicht unter den Zungen erhöht den Ton, wenn er nicht schon durch die Länge des Windrohres vertieft wurde.

Klangfarbe. Der gleiche Ton verschiedener Instrumente, z. B. der Flöte, des Horns, der Geige, der menschlichen Stimme u. s. f. trägt ein eigenartiges, charakteristisches Gepräge an sich, welches man die Klangfarbe oder das Timbre heisst. Man führt deren Erscheinen auf das Zusammenwirken des Grundtones als das dem tonerzeugenden Körper nach seiner Beschaffenheit (Länge, Dicke, Dichtigkeit und Spannung) zukommenden Tones, und einer mehr oder weniger grossen Anzahl sogenannter Obertöne, als schwächerer, für die verschiedenen Instrumente sehr verschiedenartiger Nebentöne, deren Schwingungszahl das 2-, 3-, 4-, 5- . . . . fache des Grundtones ausmacht, zurück. Ihre Entstehung wird verschieden erklärt; nach v. Helmholtz verdanken sie in den Zungenpfeifen jedoch ihren Ursprung nicht etwaigem unregelmässigen Schwingen der elastischen Zungen selbst, denn diese führen nur die zu einfacher reiner Tonbildung Veranlassung gebenden einfachen Pendelschwingungen aus, sondern sie werden, wie schon W. Weber behauptet hat, durch die von der Zungenbewegung hervorgerufenen periodischen Luftbewegungen hervorgerufen. Danach hängt auch die specielle Klangfarbe der tönenden Zungen von sehr mannigfachen Umständen ab, auf welche hier, weil zu fern liegend, nicht eingegangen werden kann.

B. **Der Kehlkopf als das Stimmorgan des Säugers.** Der Kehlkopf als das Stimmorgan des Säugers ist ein natürlicher Repräsentant der Zungenpfeifen. Dazu stempelt ihn seine anatomische Einrichtung im Zusammenhange mit der physiologischen Functionirung seiner einzelnen Theile, dazu sein Connex mit den einen Luftstrom erzeugenden Respirationsorganen. Die tonerzeugenden elastischen Zungen werden im Larynx durch die Chordae vocales oder wahren Stimmbänder gebildet, welche durch den muskulösen Bewegungsapparat des Kehlkopfes beliebig angespannt und eingestellt werden können und dadurch die Weite der der Luftpassage dienenden Stimmritze beherrschen. In Schallschwingungen werden dieselben nach vorheriger Einengung bezw. Abschluss der Stimmritze durch den von der Lunge exhalirten, mittelst der Contraction willkürlicher Muskeln beliebig verstärkten Luftstrom versetzt. — Die Lungen sind somit der Blasebalg, welcher durch die Exspirationsmuskeln comprimirt, den von ihm ausgehenden Luftstrom die Trachea, das Windrohr der Zungenpfeife, durchstreichen lässt, um ihn unter Passirung der Stimmritze in das von Rachen-, Nasen- und Mundhöhle gebildete Ansatzrohr überzuführen, dessen Innenluft durch die auf sie fortgepflanzten Schallschwingungen den von den Stimmbändern erzeugten Ton in seiner Höhe nicht unerheblich zu modificiren vermag.

Der gesammte Stimmapparat zerfällt danach in den Larynx alsdas eigentliche tongebende Instrument und die Hülfsapparate, von welch' letzteren die Lunge mittelst ihres Exspirationsstromes den anblasenden Luftstrom erzeugt, während die Trachea als das Windrohr und die Visceralhöhlen des Kopfes als das Ansatzrohr functioniren.

a) Der Mechanismus des Kehlkopfes nach seiner anatomischen Einrichtung und physiologischen Functionirung.

1. Anatomisches. Der Kehlkopf als das trichterförmige Anfangsstück der Trachea bildet einen kästchenartigen Behälter, dessen Wand durch die gegeneinander verstellbaren Kehlkopfsknorpel aufgebaut, und dessen Innenraum durch die die Kehlkopfsknorpel und ihre Bänder bekleidende Schleimhaut zu einer continuirlichen, aber nicht überall gleich weiten und gleich gestalteten Höhle geformt wird; der das Kehlkopfsgerüst umlagernde Muskelapparat vermag unter der Mitwirkung von dessen Einzelgliedern, also indirect, den Umfang des Cavum laryngis zu erweitern oder zu verengen und, was für die Stimmbildung eigentlich allein von Bedeutung, die von der Vorder- und Seitenwand gegen das Lumen vorspringenden wahren Stimmbänder für die Tongebung passend einzustellen.

α) Das Gerüst des Kehlkopfes formiren 5 Knorpel, von denen 3, der Ring-Schild- und Kehldeckelknorpel unpaar sind, während einer, der Giesskannenknorpel, paarig darin auftritt; ihnen gesellen sich als für die Stimmbildung bedeutungslose Ergänzungsknorpel die Santorini'schen und die Wrisberg'schen Knorpel bezw. die Processus corniculati der Giesskannen- und die Processus cuneati des Kehldeckelknorpels hinzu. 1. Die Cartilago cricoidea bildet als ein allseitig geschlossener Knorpelring gleichzeitig das Verbindungsglied des Larynx mit der Trachea und die Grundlage des caudal also unter den Stimmbändern gelegenen Kehlkopfabschnittes;

an sich ausser durch äusseren Druck nicht wesentlich formveränderlich, kann er auch durch seine Lageveränderungen keinen directen Einfluss auf die Stellung der Stimmbänder ausüben; C. Ludwig hat ihn deshalb den Grundknorpel des Kehlkopfs geheissen. — 2. Ihm beweglich aufgefügt ist im vorderen (ventralen) und seitlichen Umfange des Larynx der Schildknorpel; derselbe, den grössten Theil des Kehlkopfgerüstes herstellend, verbindet das Organ gleichzeitig mit dem Zungenbein und gewährt von der Innenfläche seines vorderen Theiles, der sogenannten Prominentia laryngea bezw. Commissur, den Ligg. thyreo-arytaenoidea s. glottidis inferiora (beim Menschen auch die superiora) Ursprung. Vermöge seiner beweglichen Anfügung an die Nachbartheile kann er durch Zugkräfte, welche an seiner Aussenfläche wirken, um eine durch die Schild-Ringknorpelgelenke hindurch gelegt gedachte Axe mit seinem vorderen Theile kopfwärts hinauf- oder luftröhrenwärts herabgezogen werden; beide Bewegungen, deren unten noch näher gedacht werden soll, üben auf die Anspannung der Stimmbänder wesentlichen Einfluss aus, weshalb der Knorpel auch »Spannknorpel« genannt worden ist. — 3. Die beiden Giesskannenknorpel ruhen je mit ihrem hinteren lateralen Winkel auf dem Grundknorpel; in dem hier zwischen beiden bestehenden Gelenke liegt der Drehpunkt für eine Summe von Bewegungen, welche als Einwärtsbewegungen den in das Kehlkopfslumen vorspringenden Stimmbandfortsatz sich dem der anderen Seite nähern, als Auswärtsbewegungen sich von ihm entfernen lassen; der die Gelenkfläche rückauswärts überragende Muskelfortsatz ist gleichzeitig der Angriffspunkt für die den Processus vocalis kopfwärts erhebenden Kräfte; der die Aussenfläche des Knorpels überziehende Muskelkamm endlich bietet die geeignete Insertionslinie für die Verengerer und Erweiterer der Stimmritze, und so ist jeder Giesskannenknorpel der indirecte Ueberträger derjenigen Muskelwirkungen, welche die Lage der Stimmbänder verändern bezw. sie verstellen können; deshalb nennt man die Cartt. arytaenoideae die »Stellknorpel«. — Die übrigen Knorpel sind für die Stimmbildung ohne Bedeutung.

β) Die innere Einrichtung des Kehlkopfes mit Rücksicht auf die Stimmbildung. Das Cavum laryngis ist eine trichterförmige, dabei aber seitlich comprimirte Höhle, deren Seitenwände ventralwärts winkelig zusammenlaufen, dorsalwärts dagegen durch einen wohlgerundeten Bogen verbunden werden. Etwas unter der Mitte der Kehlkopfsaxe springen in das Lumen der Laryngealhöhle zwei symmetrisch eingerichtete kammartige Falten, die wahren Stimmfalten, Plicae s. Chordae vocales, gegeneinander vor, welche in ihrem ventralen Ende eine nur sehr geringe Distanz, in ihrem dorsalen Ende einen grösseren gegenseitigen Abstand einhalten; sie erstrecken sich nur über die vorderen zwei Dritttheile der Seitenwand und erreichen an den Processus vocales der Giesskannenknorpel ihr Ende. Die zwischen ihnen erübrigende Spalte ist die Stimmritze, Rima s. Glottis vocalis, der dorsalwärts von ihr verbleibende Durchgang von der Rachen- zur Luftröhrenabtheilung der Kehlkopfshöhle, welcher vorzugsweise von der inneren Fläche der Giesskannenknorpel umsäumt wird, ist die Luftritze, Rima respiratoria; beide zusammen bilden eine gleichschenkelig dreieckige Spalte mit dorsalwärts gelagerter, abgerundeter Basis und ventralwärts gerichteter Spitze, deren Grösse sehr variabel ist. Man kann daran zwei Grundformen unterscheiden; die soeben geschilderte Form ist gewissermassen die Ruhe- oder Primärform

der Stimmritze, wie sie der Athmung als inspiratorisch sich etwas erweiternde, exspiratorisch dagegen mässig verengernde Form zukommt. Die Stimmbildung fordert die Umformung der eigentlichen Stimmritze zu einer linearen Spalte in ihrer ganzen Ausdehnung; wir können uns dieselbe als Secundärform der Stimmritze denken. Seitlich von der hinteren Hälfte des oberen Randes, beim Schweine unter dem vorderen Theile des unteren Randes jedes Stimmbandes befindet sich eine den Wiederkäuern und der Katze übrigens ganz fehlende, spaltenförmige Oeffnung, der Zugang zu der seitlichen oder Morgagni'schen Kehlkopfstasche, einer bei verschiedenen Thieren, so vor allem bei den Anthropoiden (Schimpansen, Orang-Utang, Mandrill, Pavian, Makakus, Mycetes oder Brüllaffen etc.) ganz ausserordentlich blasenartig entwickelten Schleimhauttasche, welche sich jederseits zwischen dem gleichseitigen Stimmbande und der an der Innenfläche des Schildknorpels gelegenen Muskulatur in die Tiefe zieht. Sie hat augenscheinlich den Zweck, das Stimmband seitwärts freizulegen und so seinen Schallschwingungen freieren Spielraum zu verschaffen und dient bei umfangreicherer Entwickelung gleichzeitig als Resonanzblase, weshalb sie auch mit dem Namen der Schallblase belegt worden ist. Oben wird der Zugang zu der Morgagni'schen Tasche von dem sogenannten falschen Stimmbande, welches nach aufwärts mit dem Kehldeckel-Giesskannenbande zusammenfliesst, umsäumt, einer Falte, welche mit der Phonation durchaus nichts zu thun hat; bei der Katze ist sie trotz des Mangels einer seitlichen Kehlkopfstasche ebenfalls vorhanden, sie soll hier durch ihr Mitschwingen das sogenannte Spinnen (s. u.) veranlassen. Zwischen und über der Ansatzstelle der Stimmbänder an den Schildknorpel senkt sich die Kehlkopfschleimhaut nochmals zu einer unpaaren, medianen Grube, dem mittleren Stimmsäckchen, ein, welches nur bei den Einhufern und dem Schweine deutlicher nachweisbar, bei dem Schimpansen aber sehr mächtig ausgebildet und von einer Knochenblase umhüllt ist. Aus ihrem Grunde springt nahe dem unteren Rande eine kleine horizontal gestellte halbmondförmige Falte hervor, welche ähnlich den Stimmbändern schwingen können soll. Dorsalwärts von dem Schlundzugange findet sich endlich beim Schweine eine blind abschliessende Aussackung der Nasenrachenschleimhaut, die Rachentasche, welche ausser mit dem Nasenrachen durch die Gaumensegelöffnung (Nasenrachenöffnung) auch noch mit dem Kehlkopfsrachen communicirt; sie soll auf die Stimme des Schweines einen eigenartigen Einfluss üben und zwar bei der Entstehung des Grunzens betheiligt sein (Lothes, s. u.).

γ) Der aktive Bewegungsapparat des Kehlkopfes. Die Bewegungen des Larynx ergeben sich 1. als Lageveränderungen des gesammten Organs und 2. als Lageveränderungen der einzelnen Kehlkopfsknorpel behufs Anspannung bezw. Vermehrung oder Verminderung des Spannungsgrades der Stimmfalten und Gestaltveränderung der von diesen umsäumten Stimmritze. 1. Die Bewegungen des ganzen

Kehlkopfes sind Begleiterscheinungen der Deglutition und der Athmung, bezw. auch der Phonation, welche jedoch für die eigentliche Tonerzeugung keinerlei Bedeutung haben; sie bestehen wesentlich in einem Herauf- oder Hinabsteigen, vergesellschaftet eventuell mit einem Vordrängen desselben gegen den vorderen Halscontour. Das Heraufsteigen des Larynx bewirken unter der Mitwirkung des Zungenbeins vor Allem die Mm. genio-hyoidei, als Antagonisten derselben ziehen ihn die Mm. sterno-thyreoidei herab; die Mm. hyo-thyreoidei sind die Vordränger des unteren Kehlkopfabschnittes, sie drehen denselben um eine durch die Verbindungen der oberen Schildknorpelhörner mit dem Zungenbein gelegte Queraxe, so dass der nasale Schildknorpelrand rückaufwärts, der caudale Schildknorpelrand voraufwärts steigt. — 2. Die Lageveränderungen der einzelnen Kehlkopfknorpel und damit die der Stimmfalten besorgt die Gesammtheit der eigentlichen Kehlkopfmuskeln. Nach ihrer Functionirung kann man dieselben in die Gruppe der Stimmbandspanner und Stimmbandsteller, nach ihrer Lagerung in die der äusseren und inneren Kehlkopfmuskeln scheiden, von denen diese wesentlich als Constrictores glottidis, jene als Dilatatores glottidis wirken. Schon die oben gegebene Darstellung der Verbindungsweise der mit den Stimmfalten in Beziehung stehenden Kehlkopfknorpel bot Gelegenheit, auf den Einfluss der Stellung dieser gegenüber der Spannung der Stimmbänder und der Weite der Glottis hinzuweisen. Wir vervollständigen jene Betrachtungen durch folgende weitere Bemerkungen: Das ventrale (vordere) Ende der Stimmfalten ist durch seine Befestigung an die Prominentia laryngea des Schildknorpels mit diesem nach auf- und abwärts verstellbar und kann auch etwas nach vor- und rückwärts verlagert werden, aber eine gegenseitige stärkere Annäherung ist hier nicht möglich; die Vorwärtsbewegung des Schildknorpels bewirkt gleichzeitig eine Anspannung der Stimmbänder. Das dorsale (hintere) Ende dieser kann nicht blos gehoben und gesenkt, sondern auch nach ein- und auswärts verstellt und gleichzeitig von der ventralen Befestigung entfernt oder ihr genähert werden. Diese letzterwähnten Lageveränderungen werden durch den Processus vocalis des zugehörigen Giesskannenknorpels vermittelt; dieser letztere bildet nämlich einen zweiarmigen Hebel, dessen Lastarm der in die Kehlkopfhöhle vorspringende untere Kamm des Knorpels, dessen Kraftarm für die Stimmritzenerweiterer vorzugsweise der Muskelfortsatz, für die Stimmritzenschnürer der Muskelkamm ist. Das im Auge habend, erhalten wir für die Muskelaktion folgende Analyse: 1. Als Spanner der Stimmsaiten wirken vorwiegend die Mm. crico-thyreoidei; durch den schief rück-aufwärts gerichteten Verlauf ihrer Fasern nähern sie den Schildknorpel nicht nur dem feststehenden Ringknorpel, sondern sie ziehen jenen auch nach vorn; dadurch vergrössern sie den Abstand der Insertionspunkte der genannten Falten und dehnen sie so. Vergesellschaftet sich mit der Kontraktion der Mm. crico-thyreoidei diejenige der Mm. hyo-thyreoidei, so resultirt nur eine Vorziehung, nicht auch eine Herabziehung des

Schildknorpels, also eine um so stärkere Anspannung der Stimmbänder. 2. Die Erweiterung der Stimmritze ist in erster Linie die Aufgabe der Mm. crico-arytaenoidei postici; die Fasern dieses paarigen Muskels bilden je einen fächerförmigen Muskelkörper, dessen Basis median an der Muskelleiste der Ringknorpelplatte, dessen Spitze aus- und aufwärts an dem Muskelfortsatze des Giesskannenknorpels gelagert ist; die Verkürzung derselben nähert den letztgenannten Fortsatz als das punctum mobile der Muskelleiste der Cartilago cricoidea und dreht dadurch den Stimmbandfortsatz derselben um eine senkrecht durch das Ring-Giesskannenknorpelgelenk gelegte Axe nach aus-, auf- und rückwärts; damit spannt der Muskel nicht blos die Stimmbänder an, sondern er entfernt sie auch von der Medianebene, d. h. er erweitert die Glottis. Es ist höchst wahrscheinlich, dass die beiden Hälften des M. arytaenoideus transversus jene beiden Muskeln wirksam unterstützen; verlegt man nämlich deren fixen Punkt in die mediane Naht, welche sie von einander trennt, so vermag die Kontraktion ihrer Fasern schon deshalb, weil sie zusammen einen die mediale Partie der Aussenfläche beider Knorpel überlagernden Bogen bilden, dessen Scheitel über dem medianen Rande der Giesskannenknorpel liegt, diesen Bogen abzuflachen und so die genannten Giesskannenknorpelränder gegen das cavum laryngis herabzudrücken; dadurch allein werden die Stimbandfortsätze seitlich herausgedrängt; dazu dreht die Faserverkürzung des Quermuskels der Giesskannenknorpel dieselben auch noch heraus und hinauf, sodass die Gesammtwirkung des fraglichen Muskels im Wesentlichen mit derjenigen des vorigen zusammenfällt. Zum Schliesser der Athmungsritze kann der gleiche Muskel nur bei gleichzeitiger Mitwirkung der den Muskelkamm des seinerseitigen Giesskannenknorpels fixirenden bezw. ab- und einwärtsdrehenden Mm. thyreo-arytaenoidei werden. 3. Viel wirksamer sind als Constrictores glottidis die eben erwähnten einwärts von dem Schildknorpel postirten Schildknorpel-Giesskannenmuskeln; der stimmritzenverschliessende Effekt dieser Muskeln wird verständlich, wenn man bedenkt, dass dieselben, in ihrem Ursprung an der Innenfläche der Schildknorpelkommissur ihren fixen Punkt findend, den Muskelkamm des Giesskannenknorpels ein- und abwärtsziehen; dadurch wird der ganze Knorpel um eine horizontal durch das Ring-Giesskannenknorpelgelenk gelegte Axe derart gedreht, dass sich die Stimmfortsätze und damit die Stimmbänder bis zur gegenseitigen Berührung nähern. In höchst wirksamer Weise werden sie hierbei durch die Mm. crico-arytaenoidei laterales unterstützt, welche als die direkten Antagonisten der Mm. crico-arytaenoidei postici aufgefasst werden dürfen.

Die Rückkehr der Stimmbänder und Knorpel in ihre Ruhestellung ist vorwiegend das Resultat der elastischen Rückwirkung der in den genannten Theilen eingewebten elastischen Elemente. In erster Linie die Stimmbänder, in nicht viel minderem Grade aber auch die übrigen Verbindungsglieder der Kehlkopfsknorpel und theilweise

auch diese selbst enthalten in ihrer Masse reichliche elastische Fasern, welche durch die Wirkung der Stimmbandspanner und Stimmritzenmuskeln gedehnt werden und dadurch das Streben hineingearbeitet erhalten, wieder in ihre ursprüngliche Lage und zu ihrer normalen Länge zurückzukehren. Daneben erscheinen auch die einen Muskeln als Antagonisten der anderen, sodass unter Umständen die Muskelkräfte der elastischen Rückwirkung unterstützend zu Hülfe kommen können.

b) Die Akustik des Kehlkopfes. Der Beweis für die Stellung des Larynx als des Stimmorganes des Säugers ist von Joh. Müller auf mehrfachem Wege erbracht worden Positive Anhaltspunkte liefert die Prüfung des frisch herausgeschnittenen Organes beim Anblasen durch die Trachea unter entsprechender Einstellung der Stimmbänder bezw. Knorpel; ist die Glottis bis zum Spalte verengt, dann erzeugt das Anblasen Stimmbandschwingungen, welche sich unserem Ohre als Ton darbieten und das gleichviel, ob die Luftröhre lang oder kurz und ob ein Ansatzrohr vorhanden ist oder nicht. Sowie die Luftröhre oder der Kehlkopf zwischen Ring- und Schildknorpel also caudal von den Stimmbändern durchlöchert ist, fällt die Tonbildung hinweg, wie ebenso dann, wenn die Stimmbänder entfernt sind; die sogenannten oberen Stimmbänder haben auf die Tonbildung so gut wie gar keinen Einfluss; deshalb beeinträchtigen auch Erkrankungen dieser oder Halsverwundungen oberhalb der wahren Stimmbänder die Stimmerzeugung nicht wesentlich, während Luftröhrenfisteln und Alterationen der unteren oder wahren Stimmbänder die Stimme schädigen oder gar zum Schweigen verurtheilen.

α) Die Gesetze der Schallschwingungen der Stimmbänder stimmen, wenn die letzteren auch noch grössere Elasticität besitzen als Kautschukmembranen, im Wesentlichen mit denjenigen der schwingenden Kautschukzungen überein.

Methodik. Das Studium derselben wurde von Müller am Kehlkopfe selbst in der Weise ausgeführt, dass er behufs beliebiger Anspannung der Stimmbänder den Ringknorpel fixirte und nun den Schildknorpel in dem oben angedeuteten Sinne beugend verstellte, indem er durch wechselnd grosse Zugkräfte (über eine Rolle laufende Gewichte) den Schildknorpel mehr oder weniger weit vorzog; die Verstellung der Stimmbänder behufs Einengung oder Verbreiterung der Stimmritze bewerkstelligte er dadurch, dass er quer durch die Basen beider Giesskannenknorpel einen Stab hindurchsteckte, welcher die Knorpel zunächst feststellte, zugleich aber durch Gegeneinanderschieben oder Voneinanderhinwegziehen derselben die Stimmritze einzuengen oder zu erweitern gestattete. Den anblasenden Luftstrom, welchen Müller durch Einblasen in ein mit dem Kehlkopf verbundenes Rohr selbst erzeugte, lieferte nach Harless' Versuchsanordnung ein Gebläse, dessen Luft erwärmt und mit Wasserdampf gesättigt und dessen Druck durch ein unter dem Kehlkopfe eingefügtes Manometer festgestellt wurde.

Als Resultate der bezüglichen Untersuchungen führen wir an, dass 1. die Höhe des Tones abhängig befunden wurde von dem Spannungsgrade und der Länge der Stimmbänder. Schon die

erschlafften aber gleichzeitig künstlich verkürzten Stimmbänder geben einen klangvollen Ton, da ihre Elasticität vollkommen genug ist, um bei geringster Dehnung durch den anblasenden Luftstrom genügende elastische Rückwirkung zur Erzeugung rhythmischer Bewegungen, also Schallschwingungen, zu entwickeln. Besser tongebend functioniren jedoch die gespannten Bänder; selbst lange Bänder, welche im schlaffen Zustande nur tiefe Töne produciren, können in gespanntem Zustande bis zur Erzeugung hoher Töne in schnellere Schwingungen versetzt werden, und umgekehrt ertönen auch kurze Stimmbänder bei genügender Entspannung tiefer, als etwa die relativ gleichlange Saite. Der geschilderte durch das Experiment erwiesene Einfluss der Länge und Spannung der Stimmbänder auf die Tonhöhe kann durch die anatomische Untersuchung erhärtet werden. Die Länge der Chordae vocales beträgt beim Manne in der Ruhe durchschnittlich 18,5 *mm*, bei höchster Anspannung 23,2 *mm*, beim Weibe 12,66 resp. 15,66 *mm* (J. Müller), erstere Längenmasse verhalten sich also zu den letzteren wie 3 : 2. Der höher tönende Kehlkopf des Kindes besitzt noch kürzere Stimmsaiten, und selbst beim Knaben tritt erst mit der Geschlechtsreife ein zwar sehr schnelles Wachsthum derselben ein, durch welches unter den Erscheinungen des Stimmwechsels der allmähliche Uebergang der im Knabenalter noch weiblich hoch erscheinenden Stimmlage in die Tiefe des männlichen Tones erzielt wird. Bei Thieren sind die Verhältnisse im Wesentlichen die gleichen, bei Castraten behält die Stimme meist die Höhe des weiblichen Klanges. Bei ungleicher Anspannung beider Stimmbänder, in Folge deren ein jedes, für sich angeblasen, einen anderen Grundton ergiebt, erzeugen beide, gleichzeitig in Schwingungen versetzt, einen Accommodationston; äusserst selten kommen gleichzeitig zwei Töne zum Vorschein. Bezüglich der Gesetze, nach welchen die Stimmbänder ihre Tonhöhe verändern, und in wieweit die Stimmbänder den hierfür an Kautschukmembranen eruirten Normen folgen, muss hier auf die bezügliche Litteratur, besonders Grützner's ausgezeichnete Abhandlung in Hermann's Handbuch der Physiologie I. Bd, 2. Theil 1879, verwiesen werden; eine äusserst lichtvolle kürzere Darstellung dieser Verhältnisse enthält das Lehrbuch der Physiologie von Gruenhagen VII. Aufl. Bd. III, der wir auch in unseren Angaben vielfach gefolgt sind. — Auf die Höhe des Tones wirkt auch in den Kehlkopfpräparaten die Stärke des Luftstromes, mit welchem die Stimmbänder angesprochen werden, und das nach Müller und Liskovius sogar in noch auffälligerem Maasse als auf die künstlichen Zungen; so lässt die allmähliche Verstärkung des Blasens den Grundton bei unveränderter Spannung sich ganz beträchtlich (bis um eine Quinte und mehr) erhöhen. — Ueber den Einfluss der Stellung der Stimmbänder und damit der Weite der Stimmritze auf die Tonhöhe gehen die Ansichten in gewissem Sinne auseinander. J. Müller kann in ihr kein direct tonerhöhendes Moment finden und hält es auch für gleichgiltig, ob die Athemritze verschlossen oder offen ist; jedenfalls werden die Stimm-

bänder am leichtesten angesprochen, wenn die Glottis vocalis vollkommen verlegt ist, und das Kehlkopfspiegelbild lehrt uns auch die Thatsache kennen, dass die Stimmsaiten während der Tonerzeugung bei jeder Schwingung sich bis fast zur gegenseitigen Berührung, die Stimmritze einen Moment lang abschliessend, nähern; unvollkommener Stimmritzenschluss lässt den Ton schwächer werden und gegebenen Falles ganz in Wegfall kommen. Harless hat des Weiteren bestätigt, dass die Stimmritzenform nur indirect auf die Tonhöhe zu wirken vermag, insofern als zunehmende Verengerung der fraglichen Oeffnung die Stärke des Anspruchsstromes allmählich wachsen lässt, und als somit bei vollkommenem Stimmritzenschluss die jetzt ad maximum (im Experiment von 70 *mm* auf 95 *mm* Wasserdruck) erhöhte Windstärke den Ton in die Höhe treibt (s. o.).

Die Reinheit des Tones und die Klangfarbe ist nach von Helmholtz das Product der Glätte und des regelrechten Schwingens der Stimmsaiten. Der scharfe Klang vieler männlicher Stimmen ist danach in der Unebenheit der Stimmbandränder und einem dadurch bedingten theilweisen Gegeneinanderstossen derselben bei ihren Schwingungen begründet. Für die Heiserkeit vermuthet er den Grund in einem unzulänglichen Schluss der Stimmritze während des Schwingens.

Was die Stärke des Tones unseres Stimmorganes anlangt, so ist dieselbe wesentlich das Resultat der Windstärke, mit welcher die Chorden des Larynx angesprochen werden; der starke Exspirationsstrom, welcher unter kräftiger Action der Bauch- und exspiratorischen Brustmuskeln ausgetrieben wird, erzeugt einen kräftigen Ton, und umgekehrt der schwache Luftstrom einen leisen Ton.

Die Beherrschung der Tonstärke und Höhe, in welchen Eigenschaften der Tongebung es das menschliche Stimmorgan zu so hoher Fertigkeit gebracht hat, wird fast ausschliesslich durch das »Muskelgefühl« vermittelt. Nicht das Bewusstsein, also im gegebenen Falle das Sichbewusstwerden der erforderlichen Anspannung der Stimmbänder durch den Anstoss des Willens in seiner Einwirkung auf die Kehlkopfmusculatur, oder des nothwendigen Contractionsgrades der Exspirationsmuskeln, schafft die Vorbedingungen zur Erzeugung des beliebig hohen und starken Tones, sondern es ist das in seiner Qualität und Intensität so eigenartige Anstrengungs- oder Muskelgefühl der bei der Tongebung thätigen Muskeln, was sich unserem Gedächtniss einprägt und unter der Mitwirkung der Erinnerung den für die gewollte Höhe und Stärke des Tones erforderlichen Contractionsgrad der Kehlkopfs- und Exspirationsmuskeln zu Stande kommen lässt. Die Uebung des Gehörssinnes, wodurch derselbe zu ungeahnter Feinheit ausgebildet werden kann, ist dabei sicher ein nicht zu unterschätzendes Hülfsmittel des Muskelsinnes (Kluender, Hensen).

β) Der Einfluss der Resonatoren des Kehlkopfes und des Wind- und Ansatzrohres auf die Akustik des Larynx. Die bisherigen Darstellungen über die Tongebung des Kehlkopfes galten speciell dem Einflusse, welchen die Stimmbänder nach der Zahl und Stärke ihrer Vibrationen auf jene ausüben. Wie schon oben angedeutet wurde, erfreut sich jedoch der Stimmapparat des Besitzes resonatorischer

Vorrichtungen, welche auf die Stärke des Schalles und auch auf dessen Höhe einwirken.

αα) Wenn auch der nächste Zweck der Morgagni'schen Taschen in der seitlichen Freilegung und der dadurch ermöglichten leichteren Schwingbarkeit der Stimmbänder besteht, so kann es doch keinem Zweifel unterliegen, dass sie, und das vorzugsweise bei einer Entwickelung, wie sie bei den oben aufgeführten Anthropoiden vorliegt, nebenher die Bedeutung der Resonatoren erlangen. Durch die Stimmbandschwingungen scheinen vor Allem zunächst die über dem Zugang zu den Taschen gelegenen Taschen- oder falschen Stimmbänder in Mitschwingungen versetzt zu werden, welche wegen der ungefähr gleichen Länge und Anspannung beider Saitenpaare, die sich auch bei Lageveränderungen der Kehlkopfsknorpel für beide in gleicher Weise modificiren, den Grundton der wahren Stimmbänder hervorrufen. Von ihnen sollen sich diese Schwingungen auch auf die benachbarten Kehlkopfstheile fortpflanzen, ähnlich wie bei der Violine die schwingenden Saiten ihre Schwingungen durch den Steg dem Resonanzboden mittheilen (Rinne). Unser Wissen über die Bedeutung des Kehldeckels bei der Stimmgebung ist ein durchaus hypothetisches, die erhaltenen Versuchsresultate widersprechen einander vielfach; laryngoskopisch ist von seiner Antheilnahme an der Stimmerzeugung nichts Sicheres eruirt.

2. Die Trachea ist in ihrer Rolle für den fraglichen Vorgang vielfach überschätzt worden, indem man sie in ihren thatsächlich nachweisbaren Eigenschwingungen mitsammt der von ihr eingeschlossenen Luftsäule zum Resonator gestempelt hat; indessen zu einem solchen könnte sie nur werden, wenn sie behufs Erzeugung des von den Stimmbändern gegebenen Grundtones ihre Länge entsprechend diesem variiren könnte, da ein tonverstärkendes (resonirendes) Mitschwingen nach Obigem (s. S. 654) nur eintreten würde, wenn sie an sich schon oder durch Theilung in aliquote Theile den gleichen Ton wie die entsprechend gedehnten Stimmbänder zu geben vermöchte. Die geringen Längenveränderungen aber, welche sie beim Singen hoher Töne durch ein Aufsteigen des Larynx, bei demjenigen tiefer Töne durch ein Sinken dieses erfährt, genügen nach experimentell erhärteter Erfahrung weit nicht, um die Trachea zum Resonator aller möglichen Töne des Kehlkopfes werden zu lassen; ausserdem erfolgt ja gerade entgegengesetzt zu der Bedingung der Accommodation bezw. entsprechender Phonation seitens der Trachea eine Verlängerung bei der Hervorbringung hoher, eine Verkürzung bei derjenigen tiefer Töne. Nach Rinne's Vermuthung sollte die beim Herabsteigen des Kehlkopfes eintretende Entspannung und die bei dessen Emporsteigen erfolgende Dehnung der Luftröhre die Chancen des Resonirens auf die Kehlkopftöne wesentlich bessern; er wird zu dieser Annahme verleitet durch die Beobachtung, dass die Erzitterungen des Brustkorbes und der Trachea bei dem Hervorbringen tiefer Brusttöne deutlicher empfunden, und die Töne entschieden klangvoller werden, wenn der Kehlkopf gesenkt, als wenn er gewaltsam emporgezogen ist.

3. Eine sehr hervorragende und vorzugsweise auch der Aussprache der Vokale sehr zu gute kommende Rolle für die Stimmerzeugung spielt das Ansatzrohr der Rachen-, Nasen- und Mundhöhle in Folge seiner gut entwickelten Form- und Umfangsveränderlichkeit. Dasselbe beeinflusst dadurch nicht blos die Tonhöhe, sondern vor

Allem die Klangfarbe. Die einfache Selbstbeobachtung lehrt schon, dass sich der Ton mit Erweiterung der Endöffnung des Ansatzrohres hebt; der gleiche bei geschlossenem Munde angesprochene Ton wird um so höher, je weiter der Mund nachfolgend geöffnet wird. Des Weiteren ist die Mundhöhle weitaus mehr befähigt auf die mannigfachsten Kehlkopftöne zu resoniren als die Trachea, weil sie je nach ihrer Form, Länge und Breite den den Stimmbändern zukommenden Eigenschwingungen sich zu accommodiren und dadurch in den von jenen hervorgerufenen Grundtönen mitzuschwingen vermag; gerade weil sie diese Hauptbedingung eines wirksamen Resonators erfüllt, wird sie gleichzeitig zur Verstärkerin des Tones der Stimmbänder. Ihre Betheiligung an dem Zustandekommen der Sprachlaute wird in dem Kapitel Sprache beleuchtet werden (s. u.).

b) Die Stimme unserer Thiere.

Der Tongebung oder Phonation sind alle unsere Hausthiere befähigt; ihre Stimme entbehrt jedoch des grossen Umfanges und der Modulationsfähigkeit der menschlichen Stimme, ist aber nach ihrer Stärke in hohem Maasse modificirbar. Zu ihrer Erzeugung handelt es sich hier wie dort um eine vorgängige Ansammlung genügender Luftmengen in dem Brustkorbe, um entsprechende Einstellung und Fixirung des Kehlkopfes mit Stimmritzenverschluss und um nachfolgende Sprengung der Glottis durch den genügend kräftigen, exspiratorischen (bei Thieren theilweis auch inspiratorischen) Luftstrom. Die Stimme der Thiere ist in nicht minderem Grade als die des Menschen eine »Ausdrucksbewegung« für die verschiedensten Seelenzustände, Freude und Trauer, Angst und Zorn, Sehnsucht nach dem Jungen und den Genossen, Geschlechtserregung u. s. f. Mancherlei Combinationen von Tönen und Geräuschen in ihren mannigfachen Qualitäten liefern eine Art Sprache, welche von den Genossen der gleichen Species recht wohl verstanden und auch von uns denselben abgelauscht und nach ihrer Bedeutung beurtheilt wird.

1. Die menschliche Stimme umfasst durchschnittlich zwei, ausnahmsweise drei Octaven; die Tonlage derselben hängt zunächst vom Alter und Geschlecht ab (s. o.), aber sie schwankt auch innerhalb des gleichen Alters und Geschlechtes bei verschiedenen Individuen in weiten Grenzen; allen Stimmlagen sind nur wenige Töne gemein, nämlich das $\bar{c}$, $\bar{d}$, $\bar{e}$, $\bar{f}$; die weibliche Sopranstimme erstreckt sich von dem $\bar{c}$ bis zum $\bar{\bar{\bar{c}}}$, die Altstimme vom f bis $\bar{\bar{f}}$; die männliche Tenorstimme beherrscht die zwischen c und $\bar{\bar{c}}$, und die Bassstimme zwischen E und $\bar{f}$ gelegenen Töne; die zwischen beiden Tonreihen der weiblichen Stimme liegende Stimmlage heisst Mezzosopran, die entsprechende der männlichen Stimme Baryton; die tiefsten Töne des Soprans sind gleichzeitig die höchsten des Basses. Die menschliche Stimme kann in Weiterem ihre Klangfarbe oder Register variiren, indem sie entweder als »Bruststimme« oder als »Kopf-, Fistel- oder Falsettstimme« sich producirt; die Bruststimme, welche sich durch grössere Kraft und im Allgemeinen tiefere Töne, sowie das Auftreten des Pectoralfremitus (s. o.) charakterisirt, also auch das ganze Windrohr in

Oscillation versetzt, ist schon von Lehfeldt (1835) auf das Schwingen der Stimmbänder in ihrer Gesammtheit zurückgeführt worden; die Fistelstimme dagegen, welche der Regel nach nicht so tief (etwa um eine Octave höher) und kräftig ist, dabei auch nicht so reich an Obertönen, aber gewöhnlich ebenso umfassend ist, wie die Bruststimme, entspringt den Vibrationen nur des freien medialen Stimmbandrandes, nicht des Stimmbandes in toto. Oertel lässt für die Falsettstimme auch ein Schwingen des lateralen Stimmbandrandes zu, dasselbe soll aber in anderer Richtung erfolgen als das Oscilliren des medialen.

2. Die Stimme des Pferdes, das sogenannte Wiehern, bekundet eine mit lauter Tongebung verbundene stossweise Exspiration, welche gewöhnlich mit gehobenem Kopfe, geöffnetem Maule und gestellten Ohren ausgeführt wird. Die kurz abgebrochenen, aber unter einander verbundenen Töne sind Anfangs höher, werden aber allmählich tiefer, sie sind immer sehr rein und von wohllautendem Klange; es ist demnach höchst wahrscheinlich, dass die Stimmbänder Anfangs bei starker Spannung und Verkürzung kräftig angeblasen werden, während sie allmählich sich verlängern und entspannen, um so langsamer vibriren zu können. Colin hat das Wiehern des Pferdes durch den Pianisten Vannier in Noten setzen lassen. Das Wiehern hört man öfter von Hengsten, als von Wallachen und Stuten, deren Stimme entschieden weniger klangvoll, schärfer und kürzer ist, auch in der Regel nicht die gleiche Kraft besitzt; man darf es im Allgemeinen als ein Zeichen der Geschlechtsaufregung und Freude über die Annäherung von Genossen auffassen; Fohlen lassen ihre viel höhere und schrillere Stimme auch aus Uebermuth auf der Weide ertönen.

Als ein Zeichen der Ungeduld und Freude bei der Fütterung vernimmt man sehr häufig ein eigenthümliches kurzes, knurrendes Wiehern als eine Reihenfolge stossweise hervorgebrachter tiefer Töne, die mit einem grunzendem Geräusche abschliessen.

Wenn auch Pferde den Schmerz im Allgemeinen ruhig ertragen, so geben sie doch bei sehr schmerzhaften Operationen und Misshandlungen zuweilen ein scharfes, gellendes Schreien von längerer oder kurzer Dauer von sich. Experimentell hat Colin dasselbe durch Verletzung gewisser Hirnteile, insbesondere der Vierhügel und des Ursprunges der Medulla oblongata hervorgerufen.

Endlich äussern boshafte, zum Schlagen oder Beissen geneigte und namentlich kitzelige Thiere bei der Berührung einen quiekenden oder schreienden Ton, der zur Vorsicht mahnt.

Von manchen Autoren werden die Luftsäcke und die falschen Nasen (Naseneingangstaschen) als Modificationsvorrichtungen für die Stimme aufgefasst; Franck nennt den Luftsack geradezu einen »Resonator, der zum Theil durch den Griffelfortsatz der Muschel (?), zum Theil durch verschiedene Stellungen des Kopfes erweitert und verengert und demnach für verschiedene Töne angepasst werden könnte« und bezeichnet ihn wegen dieser Erweiterungs- und Verengerungsfähigkeit und des darauf begründeten Accommodationsvermögens für verschiedene Eigentöne sogar als einen »sehr vollkommenen Resonator«. Diese Anschaung Franck's, welche übrigens blos eine Hypothese ohne experimentelle Unterlage darstellt, ist indessen, wenn man den

ganzen Umfang der Stimme des Pferdes im Auge hat, theoretisch nicht zu begründen; es wäre ja denkbar, dass die Luftsäcke durch einzelne nahe bei einander liegende Töne in tönende Mitschwingungen versetzt werden könnten und so zu deren Verstärkung beitrügen (z. B. für die beim Wiehern besonders lauten höheren Töne), aber für die ganze Reihe der beim Pferde möglichen Töne, wie sie zwischen dem tiefen »Grunzen« und dem hohen Schmerzensschrei liegen, kann er unmöglich gleichzeitig als Resonator figuriren; dazu bedürfte er, um seinen Grundton demjenigen der Stimmbänder in ihrer augenblicklichen Spannung und Stellung zu accommodiren einer sehr bedeutenden Form- und Umfangsveränderlichkeit; eine solche liegt offenbar nicht vor. Ja der Luftsack vermag, wie Dégive experimentell und auf Grund von Erfahrungen am erkrankten Thiere nachwies, seinen Inhalt nicht einmal schnell zu wechseln, insofern, als die künstlich in ihn durch äussere Oeffnung eingeblasene Luft eine länger bestehende Anschwellung hinterliess. Endlich ist von Colin die Thatsache festgestellt worden, dass selbst nach vorheriger Eröffnung der Luftsäcke das Wiehern fast ganz seinen gewöhnlichen Charakter beibehielt.

Auch die falschen Nasen (Naseneingangstaschen) haben zu dem Wiehern keine eigentlichen Beziehungen; wenn sie auch gelegentlich dieser Stimmgebung aufgebläht werden, so ändert sich doch weder nach Durchschneidung der äusseren, noch der inneren, gegen die Nasenhöhle gewendeten Wand die Intensität oder das Timbre der Stimme (Colin).

2. Die Stimme des Esels — dessen Kehlkopf mit sehr weiten Seitentaschen und mit sehr tiefer und seitlich von der vorderen Stimmbandinsertion verlängerter Mitteltasche ausgestattet ist, welch letztere der beim Pferde vorhandenen Plica semilunaris entbehrt, dafür aber an ihrem Zugange von einem zarten Schleimhautsaum umgrenzt ist — oder das Yahnen stellt bald eine Aufeinanderfolge heller, schriller, hoher Töne in regelmässigem Wechsel mit tieferen Tönen dar, bald setzt es sich aus dem höheren und tieferen Tone als je einem gehaltenen, nicht abgesetzten zusammen; die höheren Töne sollen nach Hérissant und J. Müller inspiratorischen, die tieferen exspiratorischen Ursprunges sein; aber beide resultiren aus Stimmbandschwingungen und nicht, wie Hérissant für die tieferen Töne glaubt, aus Lufterschütterungen der in der mittleren Kehlkopfstasche sich fangenden Luft. Das abgesetzte Yahnen kann man unschwer an konvulsivischen In- und Exspirationsbewegungen der Flanke verfolgen. Die Stimme des Esels ist übrigens wenig veränderlich, die der Eselin heller und durchdringender, die des kastrirten Esels merkwürdiger Weise tiefer als die des intakten (Buffon).

Die Stimme des Maulthieres (des Bastarden eines Eselhengstes und einer Pferdestute) gleicht einem schwachen Yahnen, diejenige des Maulesels (des Bastarden eines Pferdehengstes und einer Eselstute) mehr dem Wiehern des Pferdes.

3. Die Stimme des Rindes ist von derjenigen der Einhufer durchaus verschieden und sehr wenig ausgebildet. Das hat seinen Grund vorzugsweise in der Einfachheit des Kehlkopfes; die Kürze der Glottis, die geringe Sonderung der Stimmbänder von der Masse der Kehlkopfseitenwand und der sie wesentlich mit bedingende Mangel

seitlicher Kehlkopfstaschen machen die Stimme wenig veränderlich und modulationsfähig. Das sogenannte Brüllen besteht in der Ausstossung eines gehaltenen, rauhen, tiefen Tones, bei Anfangs geschlossenem Maule, welcher unter Mauleröffnung allmählich in einen hohen, helleren übergeht und mit diesem kurz abbricht; es ist rein Exspirationsakt. Hunger, Sehnsucht nach den Genossen, Geschlechtserregung und andere Affekte machen die Stimme ertönen. Die Kuh stösst langgezogene Töne bei weit geöffnetem Maule aus, wenn das Kalb von ihr entfernt ist. Ein kurzes Brummen tritt häufiger noch im Stalle, während der Futterdarreichung, des Ruminirens etc. hervor. Kälber äussern ein monotones Blöken.

4. Die Stimme von Schaf und Ziege, das Blöken bezw. Meckern ist ein bei ersterer Thierspecies wenig zitterndes, bei letzterer meist absatzweise erfolgendes, mit Tongebung verbundenes Exspiriren, ein mä-ä-ä . . . Die Trennung von der Herde oder anderer selbst menschlicher Gesellschaft ruft das Blöken hervor.

5. Die Stimme des Schweines. Die anatomischen Verhältnisse des Kehlkopfes des Schweines weichen wesentlich von jenen unserer anderen Thiere ab. Vor Allem haben die Stimmbänder eine sehr tiefe Lage und sind dabei mit ihrem ventralen Ende weiter gegen die Trachea herabgerückt als mit dem dorsalen; der sehr enge Zugang zu der seitlichen Kehlkopftasche liegt kaudal davon und unter diesem das von dem M. thyreo-arytaenoideus fundirte Taschenband. Die Morgagnische Tasche selbst ist mit Rücksicht auf die Lage des wahren Stimmbandes über dem falschen nasalwärts gerichtet und erstreckt sich bis zu dem nasalen Schildknorpelrande. Die eigentliche Stimmritze ist kurz, die Athemritze von sehr geringer Ausdehnung, bleibt aber selbst bei direkter gegenseitiger Berührung der Giesskannenknorpel in dem Umfange eines engen Kanales offen. Der Kehldeckel ist sehr beweglich und nach allen Richtungen verschiebbar. Zu diesen Organen des eigentlichen Stimmapparates gesellt sich jedoch nach Lothes*) noch eine Anzahl von Rachenorganen, welche nicht minder stimmgebend zu schwingen im Stande sein dürften, als die Stimmbänder selbst. Bekanntlich ist bei dem Schweine der Arcus palato-pharyngeus eine starke wulstartige Falte, welche über dem Zugang zum Oesophagus hinweglaufend mit dem freien Gaumensegelrande eine rundliche Oeffnung umsäumt, die Nasenrachenöffnung Leiserings, die Gaumensegelöffnung Lothes'. Für die Stimmbildung ist es nun von hervorragender Bedeutung, dass diese Falte von willkürlicher Musculatur basirt ist, welche aus dem M. palatinus und M. palato-pharyngeus stammt, und dass deshalb die Nasenrachenöffnung durch Kontraktion des mittleren Theiles des ersteren unter gleichzeitiger Betheiligung des letzteren Muskels zu einem schmalen Längsspalte geschlossen werden kann, dessen Lippen als Stimmsaiten

*) Lothes, Beiträge zur Anatomie und Physiologie des Schlundkopfes der Schweine. Berl. thierärztl. Wochenschr. VI. Jahrg. Nr. 26—29. 1890.

einer Zungenpfeife gegebenen Falles durch einen kräftigen Exspirationsstrom in tongebende Vibrationen versetzt werden können. Die über dem hinteren Umfange dieser Oeffnung beginnende Rachentasche, Bursa pharyngea bezw. epi- oder retropharyngea (Albrecht) oder das Coecum oesophageum mancher Veterinäranatomen, stellt, als eine rückwärts blind abgeschlossene, fast 3 *cm* lange, zwischen Oesophagus und Kopfbeugern postirte Schleimhautausstülpung, eine den seitlichen Kehlkopftaschen analoge Schallblase dar, deren Aufgabe vorwiegend darin bestehen dürfte, auch den hinteren Umfang des Gaumenschlundkopfbogens freizulegen und gleichzeitig als Resonator den Ton der schwingenden hinteren Gaumensegelpfeiler zu verstärken und zu modifiziren. Das Schwein besitzt also in seinem Kehlkopf und den Rachenorganen zwei Zungenpfeifen, deren untere speciell der Hervorbringung hoher, schreiender Töne, deren obere derjenigen des tiefen Grunzens dienen soll.

Die Stimme des Schweines ist nämlich entweder ein gellendes Schreien und Quieken, welches als der Ausdruck des Affectes bei Anwendung von Gewalt und Misshandlungen gehört wird, oder ein tiefes, rauhes, mehr oder weniger abgedämpftes Grunzen, das als das Zeichen des Wohlbehagens leise und schwach ist, beim Herumjagen höher und lauter und im Zorn heftig und scharf wird.

Das Schreien des Schweines lässt sich, wie Hérissant zeigte, durch Anblasen des herausgeschnittenen Kehlkopfes künstlich hervorrufen, wenn die Glottis durch seitlichen Druck bis auf 1 *mm* Weite eingeengt, und die Stimmsaiten durch kräftigen Zug an den Stimmbändern stark angespannt werden; die Töne sind dann um so heller und durchdringender, einen je stärkeren Grad die Stimmbandspannung erreicht; gleichzeitig mit den Stimmbändern vibrirt dabei auch ja die mediale Wand der Kehlkopfstaschen und das zwar solcher Art, dass sich beide einander sehr stark nähern. Die tiefen Töne scheint der genannte Forscher dabei nicht erhalten zu haben; Colin vermuthet vielmehr, dass diese theilweise den Oscillationen der Luft, welche sich in den seitlichen Kehlkopfstaschen fängt, entsprechen.

Dem gegenüber glaubt nun Lothes gerade die Entstehung dieser grunzenden Töne auf die Schwingungen der contrahirten Gaumenschlundkopfpfeiler zurückführen zu müssen und in der Rachentasche den Resonanz-Apparat für die Verstärkung und die Erzeugung der ihnen characteristischen Eigenartigkeit erblicken zu dürfen. Er schliesst das zunächst aus dem Verstummen des Grunzens, wenn, wie er zweimal zu beobachten Gelegenheit hatte, fremde Körper (wie Kartoffelstückchen) sich in die Rachentasche eingekeilt haben, und ferner aus der Thatsache, dass Thiere, die, wie Macropus giganteus (Känguruh), Camelus dromedarius und Cervus elaphus, wohl gut entwickelte hintere Gaumensegelpfeiler, aber keine Rachentasche besitzen, zur Kundgebung jenes grunzenden Tones nicht befähigt sind. Die menschliche Stimme ist übrigens recht wohl im Stande, auch ohne die Zuthat der Rachentasche den grunzenden Ton unter entsprechender Mitwirkung des

Ansatzrohres, besonders der Zunge und vielleicht auch des Gaumensegels sehr naturgetreu zu imitiren.

6. Die sehr vollkommene und detaillirte Entwickelung des Larynx des Hundes in allen seinen Theilen, vorzugsweise die grosse Länge der Stimmbänder und ihre durch die grosse Länge der Seitentaschen-Zugänge herbeigeführte ausgedehnte Freilegung gewährt der Stimme des Hundes grosse Variabilität in der Tonhöhe und hervorragende Modulationsfähigkeit. Er kann bellen, knurren, schreien, heulen, wimmern, winseln und verräth uns dadurch seine Gemüthsaffecte mehr als jegliches unserer übrigen Hausthiere. Der Hund bellt durch kurzabgesetzte Exspirationsstösse lebhaft und anhaltend beim Anblick fremder Personen und Thiere, beim Ertönen eines ihm unbekannten Geräusches und qualificirt sich dadurch als ein vortrefflicher Wächter und Beschützer unserer Person und unseres Eigenthums, er bellt ungestüm aus Freude, laut und grob aber in längeren Absätzen aus Zorn; er knurrt in der Absicht sich zu wehren und zu beissen; er schreit aus Schmerz; er heult, wenn er geprügelt wird; er wimmert aus Schmerz oder Sehnsucht; er winselt aus Furcht und bekundet seinen wenig musikalischen Sinn durch langgehaltene hohe Töne, die er mit gestrecktem Halse und weit geöffnetem Maule hervorbringt, wenn musikalische Töne und die schönsten Harmonien und Accorde sein Ohr treffen.

7. Die Katze besitzt ein nicht minder vollkommenes Stimmorgan als der Hund in Folge einer wenn auch nicht tief ausgesackten, so doch wohl gebildeten Einsenkung der Kehlkopfschleimhaut zwischen dem oberen und unteren Stimmbande, von welch' beiden das letztere dick und muskulös ist. Sie hat daher in gewissem Sinne zwei Stimmritzen, eine obere zwischen den falschen und eine untere zwischen den wahren Stimmbändern. Nach den Erfahrungen Segond's dienen die oberen Stimmbänder zur Erzeugung der Fistelstimme, die unteren zu der der Bruststimme; und weiter mache die Durchschneidung jener das Miauen und die hohen Töne unmöglich, diejenige der unteren Stimmbänder erzeugt momentan Aphonie (Stimmlosigkeit). Longet widerspricht auf Grund seiner Versuche den Angaben Segond's bezüglich der Phonation durch die oberen Stimmsaiten, da er auch nach deren Resection noch laute und schrille Töne erhielt. Das Miauen wird bei Hunger und Durst, während der Brunst und beim Verlust der Jungen viel gehört. Während der Begattung geben die Thiere laute, lang angehaltene Töne von sich, welche mit dem Weinen kleiner Kinder die grösste Aehnlichkeit haben. Aus Zorn brummt und zischt die Katze.

8. Das Stimmorgan des Vogels ist nicht der dem oberen Kehlkopfe entsprechende Larynx, sondern der an der Bifurcationsstelle der Trachea gelegene Syrinx. Der erstere entbehrt aller für die Tongebung erforderlichen Vorrichtungen, insbesondere der Stimmbänder; er ist nichts als ein langgestreckter Spalt, welcher von resistenten Lippen (den verwachsenen Arytänoidknorpeln) umsäumt ist. Der untere Kehlkopf oder Syrinx dagegen stellt einen trommelartigen Behälter dar, welcher durch einen

von verkalktem Knorpel gebildeten Steg median halbirt wird; durch die hieraus resultirende rechte und linke Oeffnung gelangt man in die Bronchien, welche seitlich comprimirt sind und mittelst ihrer ersten, dorso-medianwärts nicht geschlossenen breiten Ringe die feste Grundlage des Syrinx bilden. Ihren Abschluss zum Rohre erhalten dieselben durch eine schwingungsfähige Membran, Membrana tympaniformis interna, welche oberhalb des Steges halbmondförmig in das Tracheallumen vorspringt. Auch an dem ventrolateralen Umfang des Stimmorganes ist eine schwingungsfähige Membran angebracht, Membrana tympaniformis externa; sie verbindet den zweiten und dritten Bronchialring. Beide zusammen bilden im Umfange des rechten wie des linken Bronchialrohres eine Stimmritze, auf deren Weite die an der Aussenfläche dieser Bronchialringe inserirenden Muskeln durch Spannung bezw. Entspannung der Knorpel und damit der Stimmbänder einzuwirken vermögen. Diese Muskeln gruppiren sich um den ventralen, lateralen und dorsalen Umfang des unteren Trachealendes und der beiden unteren Kehlköpfe derart, dass der ventrale übrigens, wie auch die anderen, paarige Muskel zu dem ventralen Umfange der verwachsenen ersten beiden Knorpel zieht, während der laterale und dorsale Schenkel des zweiten Muskels zu dem Vorder- und Hinterende des dritten Bronchialknorpels geht. Dieser lässt durch seine Contraction die äussere, jener die innere Trommelhaut in das Bronchiallumen vorspringen. Dadurch wird die Stimmritze verengt, und so die Möglichkeit zu der Entstehung tongebender Oscillationen geliefert.

c) Die Sprache.

Die Sprache des Menschen ist eine regelrechte Kombination von Kehlkopfstönen mit Lauten und Geräuschen, welche bei dem Durchgange der Luft durch das zweckentsprechend formirte Ansatzrohr und das dadurch erzielte Mitschwingen einzelner Theile desselben erzeugt werden. Bestimmte Verbindungen solcher Schalläusserungen zu Reihen bilden die Wörter. Die Zuhilfenahme der Kehlkopftöne zur Hervorbringung der Sprachlaute und Wörter lässt die laute Sprache entstehen; die unter Ausschluss der tönenden Stimme ausgesprochenen Laute und Wörter setzen die leise oder Flüstersprache, vox clandestina, zusammen; einzelne Laute gestatten die Mitwirkung der Stimme überhaupt nicht, sie sind stumm.

Die zahlreichen Untersuchungen, welche von zum Teil sehr verdienstvollen Forschern (C. Mayer 1826, Willis 1832, Purkinje 1836, Wheatstone 1837, J. Müller 1844, Bruecke 1849, Bruch 1854, Merkel, Boettger, Sievers in den 60er und 70er Jahren u. A.) und theilweise auch unter Zuhülfenahme eigens dazu construirter graphischer Apparate (R. Koenig 1872, Marey 1876) ausgeführt wurden, waren vorzugsweise auf die Erkenntniss der Formen und Bewegungen der einzelnen Theile des Ansatzrohres, wie sie zur Hervorbringung der Sprachlaute und Geräusche erforderlich sind, und die dadurch ermöglichten akustischen Vorgänge (v. Helmholtz) gerichtet. Wir können hier nur die Resultate der ersteren und diese in knappbemessener Kürze wiedergeben.

Die Eintheilung der Sprachlaute in scharfgetrennte Gruppen stösst auf grosse Schwierigkeiten, Zwischenformen vermitteln überall gewisse Uebergänge, welche die strikte Einrangirung aller Laute in die eine oder andere Gruppe unmöglich machen. Einzig unanfechtbar wäre das Eintheilungsprincip, welches die einen Laute als Durchbruchgeräusche

des Exspirationsstromes in Folge plötzlicher Eröffnung eines Auswegs des vorderen geschlossenen Ansatzrohres auffasst und davon jene sondert, die während des Durchströmens der Luft durch den entsprechend geformten Canal des Ansatzrohres dauernd hervorgebracht werden; allgemein gebräuchlich ist allein die Scheidung in Vokale und Consonanten.

1. Die mechanischen Bedingungen für die Entstehung der Vocale sind nach Form und Länge des Ansatzrohres besonders durch Willis (1832) und Bruecke (1849), nach ihrer Akustik vorzugsweise durch Helmholtz ergründet worden. Darnach sind die Vocale reine Kehlkopfstöne, deren Charakter auf einer bestimmten durch die Resonanz des Ansatzrohres bedingten Klangfarbe beruht. Sie verdanken diese ihre Eigenartigkeit der Verstärkung, welche einzelne der in den Stimmbandklängen enthaltenen Theiltöne durch Resonanz in der Mundhöhle erfahren; diese selbst aber vermag sich in ihren Eigentönen je nach ihrer Form, Länge und Breite bald den einen, bald den anderen jener zu accommodiren. Bei der Flüsterstimme ist es nicht der Stimmbandton, sondern allein das beim Durchströmen der Luft durch die entsprechend geformte Stimmritze entstehende Reibungsgeräusch, welches durch die Resonanz der Mundhöhle seine eigenartige Klangfarbe erhält. Auf die Vocalbildung üben vor allem Einfluss die Grösse der Mundöffnung, die Lage und Gestalt der Zunge, die Stellung des Kehlkopfes und Gaumensegels. Die Mundöffnung (das »dritte Thor« des Mundverschlusses nach Bruch, der Lippen- oder vordere Mundverschluss) erscheint am weitesten bei Ansprache des *a*, weniger weit bei derjenigen von *o*, *e*, *i*, am kleinsten bei der des *u*. Die Zunge wird dem Boden flach angedrückt bei Hervorbringung des *a*, dagegen besonders in ihrem vorderen Theile dem harten Gaumen genähert, im Bereiche ihrer Wurzel aber eingezogen bei derjenigen des *ä*, *e* und *i*, und endlich mit ihrer Spitze ganz niedergedrückt und hinten gehoben bei derjenigen des *o* und *u*. Der Kehlkopf hebt sich bei der Aussprache des *u* am wenigsten, bei der des *i* am stärksten, das gleiche trifft für den letzteren Vocal bei dem Gaumensegel zu, dasselbe steht hier fast horizontal, während es bei *a* am wenigsten gehoben wird. Das letztgenannte Organ hat dabei die Aufgabe, den Zugang zur Nasenhöhle mehr oder weniger abzusperren, damit deren Resonanz, die als »Nasenklang« aus dem französischen *on*, *un* etc. genugsam bekannt ist, je bis zu gewissem Grade ausgeschlossen werde.

So erhält die Mundhöhle bei der Ansprache des *a* die Form eines vom Kehlkopf nach der Mundöffnung sich gleichförmig erweiternden Trichters, bei derjenigen des *o* und *u* die Gestalt einer weitbauchigen Flasche mit kurzem, engen, rachenwärts gerichtetem Halse, deren Grund lippenwärts gewendet ist, bei derjenigen des *e* und *i* endlich die Form einer kleinbauchigen Flasche mit langem, engem, lippenwärts gelagertem Halse, deren Grund von der hinteren Rachenwand mitgebildet wird. Man darf nach Bruecke eigentlich nur drei Grundvocale *a*, *i*, *u* anerkennen, zwischen denen sich die anderen als Uebergänge, sogenannte Umlaute, einschieben; so sind z. B. auch die Diphthonge die Producte der Umgestaltung der Mundhöhlenform für den einen Vocal in diejenige für das Anlauten des anderen.

2. Die Consonanten sind Geräusche, welche bei dem Durchtritte durch bestimmte, eigenartig geformte und eingestellte Stellen des Ansatzrohres entstehen. Man hat sie

a) nach ihrem akustischen Klange eingetheilt in: *α)* tönende, Liquidae, als solche die ohne Vocal vernehmbar sind: *m*, *n*, *l*, *r*, *s* und *β)* stumme, Mutae, als solche, die erst unter Beifügung eines Vocals verständlich werden: alle übrigen.

b) Nach der Entstehung und Bildungsweise mit Rücksicht auf den zur Bildung führenden Prozess sind die Consonanten unterschieden worden in:

α) Resonantes, Nasenlaute oder Halbvocale, das sind Consonanten, welche durch Anblasen der Nasenhöhle und eines Theiles der nach vorn an einer Stelle verschlossenen Mundhöhle erzeugt werden: *m*, *n*, *ng*; β) Zitter- oder R-Laute als Laute, welche bei (durch Gaumenhebung) abgesperrter Nase, durch ein Oscilliren der Ränder einer verengten Stelle der Mundhöhle (Mundhöhlenthores) entstehen; γ) die Aspiratae oder Reibungslaute verdanken ihren Ursprung dem Reibegeräusche, welches beim Anblasen einer verengten Mundcanalstelle bei versperrter Nasenhöhle entsteht; *f*, *v*, *w*, *ss*, *sz*, *ch*, *j*, *h*, *l* und endlich δ) die Verschlusslaute oder Explosivae sind das Erzeugniss der Sprengung einer abgeschlossenen Canalstelle durch die hindurchgepresste Luft: *b*, *p*, *d*, *t* (*dt*, *th*), *g*, *k*.

c) Unter Berücksichtigung dieser ihrer Bildungsweise trennt man schliesslich die Consonanten in α) solche der ersten Articulationsstelle oder des vorderen Mundthores, d. i. des Lippenverschlusses; es gehören hierher als Resonant das *m*, welches durch die Resonanz der ganzen Mund- und Nasenluft bei Lippenverschluss hervorgebracht wird, als Aspiratae: *f*, das labiodental durch Reibung der Luft zwischen Oberkiefer-Schneidezähnen und Unterlippe, *v*, das zwischen beiden etwas aufgeworfenen Lippen, *w*, welches durch Reibung der Luft an den mehr eingezogenen Lippen entsteht, als Explosivlaute das *b*, bei welchem die Stimme bereits tönet, bevor die leise Explosion statthat, und das *p*, bei welchem die Stimme erst nach erfolgter und zwar kräftigerer Explosion ertönt. Ein eigentlicher Lippenzitterlaut fehlt, wenn man nicht das »*brr*« der Kutscher als solchen auffassen will. β) Consonanten der zweiten Articulationsstelle, d. i. des mittleren Mundverschlusses durch Zunge und Gaumen sind: als Resonant das *n* in seinen verschiedenen Modificationen, als Zitterlaut das *r* mit oder ohne gleichzeitiges Ertönen der Stimme, als Aspiratae das *s* mit seinen Verschärfungen in *ss* und *sz*, *sch* als scharfer Zischlaut, das englische *th* und das französische *j* als weiche Zischlaute, dann das *l*, welches durch Reibung der Luft beim Durchtritt durch zwei enge, zu beiden Seiten der Zunge gelegene Spalten erzeugt wird; endlich als Explosivlaute das *t* mit *dt* und *th*, die bei energischer Sprengung des mittleren Mundverschlusses unter gleichzeitiger Mitwirkung der Stimme entstehen, und das *d*, das einer schwächeren Action in dem vordem angedeuteten Sinne seinen Ursprung verdankt. γ) Als Consonanten der dritten Articulationsstelle, d. i. des hinteren Mundthores zwischen Zunge und Gaumensegel, werden aufgeführt: unter den Resonanten das Gaumen-*n* in *ng*, unter den Zitterlauten das Gaumen-*r*, als ein Product des schwingenden Zäpfchens, unter den Aspiraten das harte, stimmlose *ch* und stimmlose *j*, und unter den Explosiven das *k* bei kräftiger Sprengung ohne Stimmklang, das *g* bei gleichzeitigem Ertönen der Stimme entstehend. δ) Als Consonanten der vierten Articulationsstelle, d. i. zwischen den beiden Stimmbändern erzeugt, sieht man an das Kehlkopfs-*r* des Niedersächsischen und Plattdeutschen Vorpommerns, so in Co͡arl (Carl), Wuort (Wort) (Bruecke), und endlich das *h*, eine Aspirata, die bei mittlerer Stimmritzenweite angelautet wird.

Zusammengesetzte Consonanten entstehen durch gleichzeitige Einstellung der Mundtheile für mehrere verschiedene Consonanten wie bei *sch*, *tsch*, *tz*, *ts*, *ps*, *ks* = *x*, woraus Mischgeräusche resultiren.

d) Eigenartige, abweichende Athembewegungen.

Die in den vorstehenden Kapiteln geschilderten Athembewegungen, erfahren unter Umständen mannigfache eigenartige Abänderungen (modifizirte Athembewegungen), welche meist mit Geräusch-

bildung einhergehen und theils willkürliche, theils unwillkürliche, reflektorisch erregte Akte darstellen. Wir führen unter denselben mit Rücksicht auf das Vorkommen bei den Thieren die folgenden an:

1. Das Husten, tussis, ist ein willkürlich zu ermöglichender, meist aber reflektorisch mittelst fremder mechanischer oder chemischer Insulte (Staubpartikelchen, ätzende Dämpfe) hervorgerufener plötzlicher, mehr oder weniger heftiger, oftmals mehrfach unterbrochener Exspirationsstoss nach vorheriger tiefer Inspiration und durch den Reiz veranlasstem Glottis-Verschlusse. Er führt zur gewaltsamen Sprengung der geschlossenen Stimmritze, dadurch zur charakteristischen Geräuschbildung und Entfernung des reizenden Körpers. Der Reflex hat sein Centrum zu beiden Seiten der Rhaphe nahe der Ala cinerea im hinteren Theile der Medulla oblongata (Kohts) und erhält seine Erregungen in der Regel zugeleitet durch die Ausbreitungen der Nn. laryngei superiores Vagi in dem Kehlkopf, sowie der Vagus-Ramifikationen in der Lunge, der Luftröhre und den Bronchien und der entzündeten Pleura. Auch von anderen Theilen werden ihm direkt oder indirekt hustenauslösende Erregungen zugeführt, so vom äusseren Gehörgange durch den N. auricularis Vagi, von der Nasenschleimhaut durch die Nasenäste des Trigeminus, der Leber und Milz, dem Magen, Darme und Uterus, den Mammae, den Ovarien, selbst von einzelnen Hautstellen. Die Erregung pflanzt sich als centrifugale auf die Exspirationsmuskelnerven fort und führt, wenn sie sehr heftig war, durch Reizung auch der Schlundnerven eventuell zum Erbrechen.

Der Husten des gesunden Pferdes ist kräftig, tief, tonstark; derjenige des Rindes dagegen meist mehr keuchend und rauh, der von Schaf und Ziege kurz, trocken, schwach, dem des Menschen ähnlich; bei Schweinen erscheint er kurz und rauh; Hunde husten mit geöffnetem Maule und gehobenem oder gesenktem Kopfe und unter Hervorbringung von Tönen, welche denen des Erbrechens sehr nahekommen. Ein eigentlicher Schleimauswurf, die gewöhnliche Ursache des Hustens beim Menschen, wird bei unseren Thieren selten beobachtet, da diese den Schleim gern sogleich verschlucken. Durch seitliche Kompression des Kehlkopfes und mit Verschiebung von dessen Knorpeln oder des ersten Luftröhrenringes verbundene Zerrung kann man ihn künstlich erzeugen — ein beliebtes Hülfsmittel zur willkürlichen Hervorbringung des Hustens behufs Beurtheilung des Zustandes der Respirationsorgane.

Das Räuspern des Menschen bezweckt nicht minder die Entfernung von Fremdkörpern von den Stimmbändern durch einen langgezogenen intermittirenden Exspirationsstrom und dadurch bewirkte Sprengung der geschlossenen Stimmritze. Der Akt ist rein willkürlicher Natur.

2. Das Niesen, sternutatio, ist ebenfalls ein gewaltsamer, plötzlicher Exspirationsstoss durch die Nase nach vorgängiger, heftiger, oft krampfhafter und unterbrochener Inspiration, welcher die Hinausbeförderung des niesenerregenden Reizes bezweckt. Er ist ein rein reflektorischer Akt, welcher durch Reize, die die Verbreitungen des N. ethmoidalis im Nasengrunde und der sensiblen Fasern des N. nasalis posterior Trigemini in der Decke, Seitenwand und Scheidewand der Nase treffen und ein eigenthümliches Kribbeln oder Gefässerweiterung bewirken; es kann aber auch durch plötzlichen Lichtreiz des N. opticus beim Blicken in die Sonne ausgelöst werden. Das dabei entstehende Geräusch soll durch Abdrängung des Gaumensegels i. e. Sprengung des durch dieses bewirkten Nasenrachenverschlusses hervorgebracht werden.

Das Niesen wird bei unseren Thieren seltener beobachtet, am häufigsten noch bei Hunden und Katzen, auch bei Schafen in Folge der Anwesenheit von Stirnhöhlenparasiten.

3. Das Keuchen, anhelatio, besteht in einem schnellen, kurzen, mit einem sägetonartigen Geräusche verbundenen Ein- und Ausathmen und wird bei grosser Anstrengung z. B. bei manchen Pferden während des Rennlaufs und bei Hunden bei grosser Hitze und Anstrengung gehört, wobei die letzteren das Maul weit öffnen und die Zunge heraushängen lassen; man sagt deshalb, die Hunde schwitzen durch das Maul (Weiss). Es ist eigentlich nur ein dyspnoisches Athmen in Folge grosser Anstrengung und Hitze (s. o.).

4. Das Gähnen, oscitatio, ist eine langgezogene, tiefe, unter Zuhülfenahme zahlreicher Inspiratoren bewerkstelligte Inspiration bei weit geöffnetem Munde, Gaumenthor und Glottis; ihr folgt gewöhnlich eine schnellere Exspiration, wobei die Thiere zuweilen den ganzen Körper (Hunde) oder eine Hinterextremität (Pferde) strecken. Es ist auch oft mit charakteristischer Lautgebung verbunden. Der Akt ist willkürlicher oder unwillkürlicher Natur und tritt gern ein, wenn die Thiere schläfrig sind oder nach beendetem Schlafe.

5. Das Schnauben der Pferde, fremitus, besteht in einer stossweisen, kräftigen Exspiration nach vorgängiger heftiger Inspiration durch die weit geöffneten Nüstern Junge Pferde führen es gern bei erstmaligem Aufzäumen aus, auch bei älteren Thieren kommt es vor, wenn sie fremde Gegenstände sehen oder Gerüche empfinden (Weiss).

Das Prusten oder Brausen, screatus, stellt eine ähnliche Athembewegung dar, die durch hörbares Ausathmen durch Nase und Maul unter schwingender Mitbewegung der Lippen charakterisirt ist. Reize, die die Nasenschleimhaut treffen, veranlassen es; es gilt aber auch als Zeichen des Wohlbehagens und dient nicht selten als willkürlicher Akt zur absichtlichen Entfernung missliebiger Futtertheile aus der Krippe.

6. Durch Wittern und Schnüffeln, entweder eine Reihe schnell aufeinanderfolgender, kurzer Respirationen oder eine in kurzen Absätzen erfolgende, protrahirte Inspiration, prüfen die Thiere die Luft auf die etwa in ihr enthaltenen Riechstoffe. Hunde führen es häufig aus. Als eigenthümliche Nebenerscheinung gesellt sich dazu bei Bullen und Hengsten ein Hochstrecken des Kopfes bei emporgehobener Oberlippe als das Flehmen oder Flemmen, wenn die genannten Thiere brünstige weibliche Thiere wittern oder üble Gerüche wahrnehmen.

7. Das Seufzen besteht in einer langgezogenen, tiefen Inspiration, welcher eine kürzere meist mit Lautbildung verbundene Exspiration folgt, und wird am meisten von Rindern geäussert, deren Pansen stark angefüllt ist, auch schmerzhafte innere Krankheiten und schmerzliche Erinnerungen rufen es hervor. — Vermehrtes Seufzen nennt man Stöhnen.

8. Das Schnarchen, stertor s. rhonchus, ist eine beim Hunde und zuweilen auch beim Schweine vorkommende unwillkürliche Begleiterscheinung tiefen Schlafes, welche durch die von der inspiratorischen wie exspiratorischen Athemluft herbeigeführten Gaumensegelschwingungen bei Athmung durch den geöffneten Mund erzeugt wird.

9. Das Spinnen der Katze ist ein durch Schwingungen des ganzen Kehlkopfes (Gurlt), bezw. nur des Kehldeckels oder richtiger wohl der Stimmbänder eigenartig tongebendes Aus- (und Ein-[?])Athmen, das als Zeichen der Behaglichkeit gilt. Die Fähigkeit zum Schnurren geht ganz jungen Katzen noch ab und soll auch nach Erschlaffung der Stimmbänder in Folge grosser Fettleibigkeit wieder verschwinden können (Ph. L. Martin).

10. Das Weinen besteht in zahlreichen, durch Gemüthsbewegungen hervorgerufenen, kurzen, tiefen In- und langgezogenen Exspirationen bei verengter Glottis, erschlafften Gesichts- und Kiefermuskeln unter Thränensecretion und oft mit klagenden, unartikulirten Lautäusserungen verbunden. Bei intensivem, längerem Weinen ent-

stehen stossweise und plötzlich erfolgende, unwillkürliche Zwerchfellcontractionen, die durch ventilartiges Gegeneinanderschlagen der Stimmbänder das als Schluchzen bekannte Inspirationsgeräusch erzeugen (Landois). Ein eigentliches Weinen ist bei Thieren wohl noch nicht beobachtet, wenn auch die Redensart »der Hund weint« bei Hundenärrinnen nicht ungewöhnlich ist.

11. Das Lachen ist ebenfalls ein nur der species Homo eigener Gemüthsausdruck, welcher kurze, schnell erfolgende Exspirationsstösse durch die meist zu hellen Tönen gespannten, bald genäherten, bald von einander entfernten Stimmbänder unter charakteristischen, unartikulirten Lauten im Kehlkopfe mit Erzittern des weichen Gaumens darstellt (Landois). Es ist ein meist unwillkürlicher Akt, der aber doch bis zu gewissem Grade unterdrückbar ist.

12. Das Drängen, nisus, ist ein bei der Defäkation, Urinentleerung und dem Gebärakte willkürlich veranlasster und graduell abzutönender Vorgang des Drückens auf die Eingeweide der Bauch- und Beckenhöhle unter der Mitwirkung der Bauch- und Inspirationsmusculatur. Nach vorheriger tiefer Inspiration werden unter gleichzeitiger Feststellung des Zwerchfelles und Stimmritzenverschluss die Bauchmuskeln in Contractionszustand versetzt. Dadurch wird der schon vordem inspiratorisch eingeengte Bauchraum noch stärker verkleinert, sodass der nach allen Richtungen und so auch gegen die Beckenorgane fortgepflanzte Druck schliesslich zur Ausstossung des theilweisen Inhaltes dieser führt, vorausgesetzt, dass deren Verschlussvorrichtungen willkürlich oder unwillkürlich-reflectorisch zur Erschlaffung gebracht werden.

B. Die Hautathmung.

Die Hautathmung oder Perspiration ist der zwischen dem Blute der oberflächlichen Hautgefässe und dem Umgebungsmedium unterhaltene Gaswechsel. Derselbe umfasst nebenher jedoch auch noch die als Perspiratio insensibilis der sichtbaren Perspiration, der Schweissbildung, gegenübergestellte Hautausdünstung, das ist die durch Verdunstung von der Körperoberfläche vermittelte Wasserabgabe.

Der Begriff »Perspiration« ist vielfachem Wechsel unterworfen gewesen. Joh. Müller widmet 1835 in seinem Handbuch der Physiologie des Menschen der »Hautausdünstung« ein gleichzeitig die Schweisssecretion umfassendes Kapitel. Valentin nennt die fragliche Function der Haut in seinem 1844 herausgegebenen Lehrbuch der Physiologie des Menschen ebenfalls »Hautausdünstung« als den durch die Haut unterhaltenen Antheil der »Transspiration« oder »Ausdünstung«; unter »Perspiration« versteht er in seinem 1855 erschienenen Grundriss der Physiologie des Menschen die Lungen-, Haut- und Darmausdünstung. In Wagner's Handwörterbuch der Physiologie von 1844 ist von Krause der Begriff »Perspiratio insensibilis« für die rein gas- bezw. dampfförmige Ausscheidungsthätigkeit der Haut und deren Product das Perspirabile cutaneum als Hautdunst genau präcisirt; C. Ludwig spricht indess in dem 1861 edirten 2. Bande seines Lehrbuches der Physiologie des Menschen von einer »Hautathmung« in dem obigen Sinne.

Die Perspiratio insensibilis, welcher an dieser Stelle allein Beachtung geschenkt werden kann, ist mit Rücksicht auf den Chemismus des Vorganges der Lungenathmung direct an die Seite zu stellen; sie stellt den gegenseitigen Austausch von gas- bezw. dampfförmigen Stoffen zwischen Haut und Umgebungsmedium dar

und besteht nach ihrem Wesen genau wie die Lungenathmung in einer CO_2- und Wasser-, (vielleicht auch N-) Abgabe und O-Aufnahme; dass dem Körper theils durch die Wasserverdunstung, theils durch Strahlung und Leitung von der Körperoberfläche auch ein nicht unbeträchtliches Quantum Wärme entzogen wird, soll hier nur nebenher berührt werden, da das Kapital »thierische Wärme« darüber nähere Auskunft ertheilt.

Methodik der Untersuchungen. Lavoisier u. Séguin (1789) bemächtigten sich zuerst des Productes der Oberflächenausdünstung des Menschen, indem sie den ganzen, nackten Körper excl. Kopf mit einem durch flüssigen Kautschuk dicht gemachten Taffetbeutel überzogen. Die ersten Versuche, den »Hautdunst« des Pferdes zu sammeln, stammen scheinbar von Gerlach (1851), welcher eine ca. 36 *qcm* grosse Hautstelle durch Aufkitten des Randes einer lackirten, trockenen Harnblase hermetisch abschloss und nach drei Tagen die darunter abgesperrte Luft auf ihre Bestandtheile untersuchte. Beide Methoden haben wesentliche Fehler an sich, da sie sehr bald für die abgeschlossenen Hautparthieen Bedingungen schaffen, die absolut nicht zu den normalen gehören (grossen CO_2- und Wasserreichthum des Umgebungsmediums, vermehrte Temperatur und Gefässerweiterung, dadurch veranlasste Schweissbildung, alles Dinge, welche das Gesammtresultat um so mehr trüben müssen, je grösser die hermetisch abgeschlossene Körperstelle war). Um diesen Fehlern zu steuern, brachten Regnault und Reiset ihre Versuchsobjecte unter Ausschluss des Kopfes in einen luftdichten Sack und leiteten durch diesen einen Luftstrom, dessen Veränderungen nachfolgend chemisch analysirt wurden; ähnlich hat Scharling (1845) seine Versuchspersonen in einen hermetisch schliessenden Aufenthaltsraum gebracht, aber das Gesicht derselben mit einer Maske abgeschlossen, welche durch ein Athmungsrohr der Lungenathmung ungestörten Fortgang gewährte. Endlich ist von Aubert und Lange (1872) der Körper mit Ausnahme des Kopfes von einem luftdicht schliessenden hölzernen Kasten umkleidet, und auf diese Weise von ihm und Anderen die Summe der Luftveränderungen in diesem festgestellt worden.

Gerlach hat aus seinen Untersuchungen über die Perspirationsproducte der 36 *qcm* grossen Körperstelle für den Gesammtkörper des Pferdes eine O-Aufnahme von 1,8—5,3 *l* und eine CO_2-Ausscheidung von 4,3—15,3 *l* in der Ruhe und für 24 Stunden berechnet und weiterhin festgestellt, dass bei einem Pferde, welches $^1/_2$ Stunde lang bis zu ordentlichem Schweissausbruche bewegt war, eine Steigerung der O-Aufnahme bis auf 6,9 *l* und der CO_2-Abgabe bis auf 42,2 *l* p. d. erfolgte. Zuntz und Lehmann halten diese Werthe für zu gross, und es ist nach den Untersuchungen Aubert's jedenfalls nicht zulässig, aus einer beschränkten Hautstelle auf die ganze Körperoberfläche zu schliessen. Daher ist es denn auch vorerst nicht möglich, bestimmte Verhältnisszahlen zwischen der Grösse der Lungen- und der Hautathmung anzugeben. Die CO_2-Ausscheidung durch die Haut des Pferdes würde, wenn man von den obigen Zahlen die 15,3 *l* als Maximum mit dem von Zuntz eruirten Quantum von 2400 *l* für die CO_2-Abgabe durch die Lunge des Pferdes vergleichen wollte, 0,666 pCt. = $^1/_{150}$ der Lungen-Kohlensäureabgabe betragen. Gerlach fand unter den Perspirationsproducten des Pferdes noch Ammoniak und Ammoniumcarbonat, bezieht dieselben aber auf die in der eingeschlossenen Luft zu Stande ge-

kommene Fäulniss. Nach Regnault und Reiset beträgt die CO_2-Ausscheidung durch die Haut und den Darm bei Hunden, Kaninchen und Hühnern nur 0,35—1,7 pCt. der Gesammtausscheidung an CO_2.

Die Grösse der CO_2-Ausscheidung beim Menschen wurde von Scharling auf 32,83 *g* für den erwachsenen Mann, auf 10,91 *g* für Kinder von 10 Jahren und auf 23,94 *g* für ein Mädchen von 19 Jahren gefunden. Die Werthe sind augenscheinlich zu hoch und so darf es nicht Wunder nehmen, dass Aubert und Lange die 24stündige CO_2-Ausscheidung der Haut im Mittel nur auf 4 *g* berechnen; gewöhnlich pflegt man sie auf $^1/_{220}$ der Lungenausscheidung zu veranschlagen.

Die Grösse der O-Aufnahme wurde von Gerlach, Regnault und Reiset am Menschen, Pferde und Hunde geprüft. Nach Gerlach soll dieselbe erheblich hinter der CO_2-Abgabe (auf 100 *ccm* O kommen 128—610 *ccm* CO_2) zurückstehen, während nach Regnault und Reiset das Volumen des durch die Haut aufgenommenen O dem der ausgegebenen CO_2 ziemlich gleichkommen soll. Man schätzt danach die Grösse der O-Aufnahme durch die Haut auf $^1/_{100}$—$^1/_{150}$ derjenigen durch die Lungen.

Die perspiratorische Wasserdampf-Abgabe stellt einen recht erheblichen Bruchtheil des gesammten täglichen Körpergewichtsverlustes dar; sie beläuft sich für Re- und Perspiration beim Ochsen nach Henneberg auf 5—6, bei seinem Stoffwechselversuchsochsen auf 9,5 *kg*, beim unthätigen Pferde nach Sacc auf etwa 10 *kg*, beim Schafe nach Henneberg auf 0,8—0,9 *kg*, beim Menschen für die Hautathmung allein auf 0,8—1 *kg*; man veranschlagt sie bei diesem auf $^1/_{67}$—$^1/_{75}$ des Körpergewichtes und mit den übrigen perspiratorischen Ausgaben auf das anderthalbfache bis doppelte des durch die Lungen bedingten Verlustes.

Abhängigkeit der Hautathmung von diversen Einflüssen. Die Untersuchungen Gerlach's haben zunächst gezeigt, dass die Hautathmung wesentlich abhängig ist von der Dicke des die Hautcapillaren deckenden Epidermoidalkleides. Je stärker dieses und je mehr die Haut mit Haaren etc. besetzt ist, um so mehr tritt die eigentliche Perspiration in den Hintergrund zurück; das springt schon aus einem Vergleiche der Hautathmung des Menschen mit der des Pferdes und Hundes in die Augen. Noch mehr aber leuchtet das aus dem Vergleiche der Hautathmung höherer mit derjenigen niederer Thiere ein, deren Oberkleid nur durch eine einfache Epithellage hergestellt wird. Schon Spallanzani (1803) demonstrirte die hervorragende Rolle, welche die Hautathmung bei nackten Amphibien, z. B. bei Fröschen, spielt, diese Thiere blieben ziemlich lange am Leben, wenn ihnen auch die Lunge exstirpirt war, und das zwar länger in reinem O als in Luft; sie nahmen dann noch von dem O auf und gaben dafür CO_2 ab; ja nach Regnault und Reiset erhielt sich bei lungenlosen Fröschen der respiratorische Gaswechsel ganz unverändert, während nach Berg die CO_2-Exhalation erheblich zurückging. In Vervollständigung dieser Versuche hat neuerdings Klug (1884) gefunden, dass sich die durch die Lunge und Kopfhaut ausgeschiedene CO_2 zu der durch die Körperhaut exhalirten = 1 : 3 bezw. wie 1 : 4,4 verhält, wenn man auch noch die Perspirationsproducte der Kopfhaut, so weit möglich, von der Lungenexhalation gesondert mit denjenigen der Körperhaut auffängt. Es besorgt somit die Haut die CO_2-Exhalation bei diesen Thieren fast ausschliesslich, ja im Winter den Gaswechsel überhaupt vielleicht ganz allein. Eintauchen in Oel tödtet

sie deshalb eher als Unterbindung der Lungen. — Blutleere des betreffenden Theiles lässt die Hautathmung zurückgehen, ebenso der Aufenthalt im Dunkeln, Hunger und animalische Kost; dagegen steigt sie unter den entgegengesetzten Bedingungen, bei Tage ist die CO_2-Perspiration entschieden grösser als bei Nacht, ein Umstand, der die in den Tagesstunden gegenüber der O-Aufnahme wesentlich erhöhte CO_2-Abgabe mitbewirkt, weiter bei Dyspnoë, bei Hautreizung auf chemischem, mechanischem und thermischem Wege, bei Zunahme des Allgemeinblutdruckes durch erregende, spirituöse Getränke und Gewürze, bei reflectorischer Erregung des Centralorganes durch sensible Reize und durch alle jene Bedingungen, die den Gaswechsel überhaupt vermehren (Röhrig).

Vielfach wurde unter den gasförmigen Hautexcreten auch ein wenig N und NH_3 gefunden; man ist indessen nicht geneigt, den eventuell perspirirten N auf den Eiweisszerfall im Körper zu beziehen.

Den Vorgang der Hautathmung unterhält sicher zum Theil die ganze, freie Hautoberfläche und nur zum Theil die Gesammtheit der Schweissdrüsen. Krause hat dargethan, dass der Epidermis grosse Hygroskopicität zukommt, vermöge derer sie sich ständig von der Unterlage mit Flüssigkeit imbibirt; von diesem Imbibitionswasser wird sicher fort und fort aus den oberflächlichsten Oberhautlagen an die trockenere Umgebungsluft abgegeben. Trotzdem glaubt Erismann, dass die Schweissdrüsen vorzugsweise diese Wasserabgabe unterhielten, weil die Hautoberfläche trocken ist, wenn sie mit Epidermis bedeckt ist, dagegen sofort zu nässen beginnt, sobald sie dieser beraubt wird.

Mit Rücksicht auf die geringe Grösse der von der Haut vermittelten Excretionsvorgänge ist es von vornherein nicht wahrscheinlich, dass, wie ältere Autoren anzunehmen sich berechtigt fühlten, die Retention dieser Hautexcrete durch Ueberfirnissen des Körpers oder eines mehr oder weniger grossen Theiles desselben den Tod herbeiführt. Bis zum Jahre 1877 galt nämlich in Folge der Erfahrungen vieler französischer und deutscher Forscher (Fourcault 1840, Ducrot 1841, Gluge 1841, Magendie 1843, Gerlach 1851, Bernard, Laschkewicz 1868, Röhrig 1876 u. A.) der nur für das Kaninchen zutreffende Lehrsatz für alle Thiere ganz allgemein, dass Ueberfirnissung des ganzen Körpers oder auch nur $^1/_6$—$^1/_8$ der Oberfläche desselben den Tod unbedingt zur Folge hat. Nachdem zunächst Senator 1877 diesen Satz in seiner Allgemeinheit für den Menschen als ungiltig dargethan, wies ihn weiter Ellenberger*) auch für unsere Haussäugethiere Hund, Schwein, Wiederkäuer und Pferd zurück; so ist z. B. das Ueberfirnissen von $^1/_8$—$^1/_4$ der Haut für Schafe ungefährlich, Schweine beeinträchtigt selbst die Einhüllung einer grossen Fläche oder des ganzen Körpers mit undurchlässigen Substanzen nicht; auch für Hunde erwächst daraus keine irgendwie erhebliche Gefahr, und bei Pferden übt es zwar einen nicht unbedeutenden Einfluss (Verlangsamung und Vertiefung der Athmung bis auf 4 per Minute, Sinken der Temperatur um 1—2 selbst 3° C., Steigen der Pulszahl um 10—20 und mehr, Muskelzittern und selbst krampfhafte Muskelzuckungen mit allgemeiner Körpererschütterung, Appetitnachlass, Stoffwechselsteigerung, Mattigkeit und Depression), aber auch bei ihnen bedingt es den Tod nicht. Der Nachtheil des Ueberziehens der Körperoberfläche mit einer unpermeablen Hülle liegt wahrscheinlich in den dadurch bedingten grossen Wärmeverlusten (s. Hautphysiologie und Eigenwärme).

---

*) Ellenberger, Die Folgen der Unterdrückung der Hautausdünstung bei den Haussäugethieren. Deutsche Zeitschrift für Thiermedicin und vergleichende Pathologie. Bd. VIII. 1882.

C. Die Darmathmung.

Der Vorgang der Darmathmung, der für die Erhaltung des höheren Vertebraten bedeutungslos ist, ist nur für den Schlammpeizger, Cobitis fossilis, genauer untersucht und scheint nur für wenige Fische eine vitale Rolle zu spielen. Der genannte Fisch kommt öfter an die Wasseroberfläche, um Luft zu schlucken, und stösst dieselbe wenige Secunden darnach durch den After aus.

Baumert fand in dieser Luft 87,18 pCt. N, 12,63 pCt. O und 0,79 pCt. CO_2; durch stundenlanges Zurückhalten des Fisches unter Wasser konnte der O-Gehalt der in der ersten Stunde nach Wiederbeginn der Darmathmung entleerten Luft auf 7,94 pCt. vermindert erscheinen, ohne dass die CO_2-Menge dabei grösser geworden wäre. Jobert wies in dem von dem brasilianischen Fische Kallichthys asper aus dem After entleerten Gase 1,5—3,8 pCt CO_2 nach. Das Athemgeschäft der Darmschleimhaut soll durch den grossen Blutcapillarreichthum wesentlich gefördert werden und ihm auch in dem scheinbaren Epithelmangel ein Moment der Erleichterung desselben geboten sein (Leydig); der letzteren Vermuthung gegenüber kann ich durch eigene Untersuchung bestätigen, dass das Unicum des Mangels von Epithel an der Darmoberfläche des Schlammpeizgers nicht besteht, sondern dass diese mit schönen grossen Cylinderzellen ausgestattet ist.

Die Untersuchung der Darmgase unserer Hausthiere erbringt allerdings auch hier den Nachweis, dass der Darm den O der Luft consumirt und in seinen Gasen CO_2 in reicherer Menge enthält als die aufgenommene Luft, aber es ist nicht festzustellen, welcher Bruchtheil der letzteren auf die im Darm sich fast immer abspielenden Gährungsvorgänge zurückgeführt werden muss. Bei sehr reicher Ansammlung von CO_2 im Darm kann jedenfalls auch von dieser in das Blut übertreten, also ein umgekehrter Diffusionsstrom sich einstellen. Es hat übrigens den Anschein, dass der Darm auch geringe Mengen N aus der mit der Nahrung herabgeschluckten Luft und den etwaigen Zersetzungsproducten der Nitrite und Nitrate absorbirt (s. S. 575).

D. Die absolute Grösse des Gaswechsels.

Für die Grösse des gesammten Gaswechsels, wie er im Laufe eines gegebenen Zeitabschnittes bei den verschiedenen, hier besonders in Frage kommenden Thieren statt hat, bestimmte Zahlen bezw. Masse anzugeben, ist aus naheliegenden Gründen ein Ding der Unmöglichkeit. Das Quantum der ausgetauschten Gase kann naturgemäss in der gleichen Zeit nicht gleich bleiben; es muss nach Allem, was wir über den thierischen Stoffwechsel wissen, stetig wechseln, abhängig von den mannichfachsten augenblicklichen äusseren Umständen und inneren Zuständen des fraglichen Individuums.

Die Zahl der Forscher, welche sich mit den specielleren Untersuchungen über die Bedingungen der quantitativen Verhältnisse des Gaswechsels befasst haben, ist eine sehr grosse; nicht geringer aber gestaltet sich die Reihe jener, welche gelegentlich anderer, weitergehender Stoffwechseluntersuchungen auch den Gaswechsel des Thieres mitprüfen mussten. Grundlegend sind auch heute noch die mühsamen Experimente der beiden französischen Forscher Regnault und Reiset (1849), denen sich diejenigen von Bidder und Schmidt, Petten-

kofer und Voit, Senator, Pflueger, Speck, Carl Theodor, Herzog in Bayern, Seegen und Nowak, Zuntz u. v. A. würdig anschliessen.

a) Die absolute Grösse des respiratorischen Gaswechsels wurde ohne Rücksicht auf die näheren Umstände, wie Ernährung, Temperatur, Alter und Gewicht, in Mittelzahlen gefunden für 1 *kg* Thier und 1 Stunde:

Thierart	O		CO_2		respirat. Quotient	
	g	*ccm*	*g*	*ccm*		
Kaninchen	0,92	642	1,158	588	0,9	Regnault und Reiset
Katze, Minimum	0,645	450	0,766	389	0,86	Carl Theodor Herzog in Bayern
Katze, Maximum	1,356	947	1,397	710	0,74	Carl Theodor Herzog in Bayern
Hund	1,191	847	1,281	652	0,77	Regnault und Reiset
Schwein	0,474	331	0,594	302	0,91	»
Schaf	0,499	347,5	0,599	304,6	0,88	»
Kalb	0,481	336	0,571	290	0,86	»
Kuh	0,46	318	0,320	162	0,5	Boussignault
Ochse	0,55	382	0,757	383	1	Grouven
Esel	0,566	394	0,393	394	1	Boussignault
Pferd	0,565	392	0,89	450	1,15	»
Pferd	0,31	215	0,39	196	0,913	Zuntz und Lehmann
Huhn	1,189	831	1,271	678	0,82	Regnault und Reiset
Sperling	9,595	6710	10,492	5334,5	0,79	»
Grünfink	11,635	8137	11,521	5857	0,72	»
Murmelthier, im Winterschlaf	0,044	30,8	0,029	15	0,49	»
Murmelthier, wachend	1,198	838	1,312	667	0,8	»
Frosch	0,070	49,1	0,062	37,57	0,76	»

b) Einflüsse auf die absolute Grösse des Gaswechsels. Die Einflüsse auf die absolute Grösse des Gesammtgaswechsels sind sehr mannichfacher Natur; die Ergebnisse der zahlreichen bezüglichen Untersuchungen liefern jedoch durchaus nicht immer übereinstimmende Resultate; das zeigt vor Allem deutlich das so ausserordentlich grosse Schwanken der respiratorischen Einnahmen und Ausgaben unter der Mitwirkung der Körperthätigkeit.

α) Von den im Innern des Thierorganismus selbst gegebenen Einflüssen sei hier das Folgende aufgeführt:

1. Am mächtigsten wirkt gegenüber dem respiratorischen Verbrauch die Thierspecies mit allen ihren Eigenthümlichkeiten in Lebensweise, Grösse, Ernährung etc.; dafür tritt die obige Tabelle als Beleg ein: der kleine Grünfink oder Sperling unterhält, auf die gleiche Körpermasse berechnet (ein Grünfink oder Sperling wiegt ca. 20—25 *g*), etwa den 10fachen Gaswechsel des Huhns bezw. Hundes, der Sperling, von dessen Species ca. 45 Stück eine Portion von 1 *kg* liefern, verbraucht mehr als das 30-fache an O und bildet nicht ganz die 30-fache Menge CO_2 als der gleiche Gewichtstheil Pferd; das Murmelthier consumirt im Winterschlafe $^1/_{27}$ des O-Quantums, welches es im wachenden Zustande auf-

nimmt und producirt nur $^1/_{44}$ der bezüglichen CO_2-Menge; der Frosch bedarf nur etwa $^1/_{165}$ des O-Quantums des Grünfinken; die Fische übertreffen den Frosch theilweise noch in ihrem Bedarfe, theilweise bleiben sie unter diesem zurück.

Es darf vermuthet werden, dass vorzugsweise die Wärmeabgabe, welche ein kleineres Individuum in einem seiner relativ grösseren Körperoberfläche entsprechend erheblicherem Masse unterhält (der Hautoberfläche fallen ca. $^4/_5$ der Gesammtwärmeabgabe zu, siehe Wärmelehre), die Ursache der lebhafteren Oxydation im kleineren Thierkörper bildet; nachweislich giebt namlich 1 *kg* Sperling innerhalb 1 Stunde 32 Calorien oder Wärmeeinheiten ab, während 1 *kg* Pferd in der gleichen Zeit nur 2,1 Calorien ausstrahlt (Rubner). v. Hoesslin glaubt indessen namentlich deshalb, weil bei sinkender Aussentemperatur der Stoffverbrauch nicht proportional der Temperaturdifferenz, sondern in viel langsamerem Maasse steigt, nicht allein in der relativ grösseren Wärmeabgabe des kleineren Individuums den Grund des lebhafteren Gaswechsels erblicken zu dürfen, vielmehr sieht er in den Verschiedenheiten des Circulations- und Verdauungsvorganges die Ursache der grösseren Respiration kleiner gegenüber grösseren Thieren; bei jenen ist die Geschwindigkeit des Blutumlaufes und damit auch der Blutdurchströmung der Gewichtseinheit Organ grösser als bei diesen (Vierordt), das schafft günstigere Bedingungen für die Resorption und Verwerthung der Nahrungsstoffe. Zudem müssen im Kampfe ums Dasein die Bewegungen kleinerer Individuen, um die gleiche Schnelligkeit in der Lokomotion zu erlangen, schneller sein als die grösserer Thiere. Endlich ist die Summe der Sinneserregungen wegen der dichteren Zusammendrängung der vorhandenen sensiblen Nervenendigungen auf der Oberfläche kleinerer Thiere mehr der Grösse der Körperoberfläche als dem Gewichte des Thieres proportional; das schafft die Bedingungen zur Zunahme der Gesammtmenge der Erregungen des Centralnervensystems mit dem Wachsthum der Körperoberfläche und dadurch der Zunahme des Stoffverbrauches als Reaktion auf die gegebenen Sinneseindrücke (siehe auch unter Einwirkung des Lichtes).

Uebrigens sind auch die Zahlen, welche von den verschiedenen Autoren für den Gaswechsel der gleichen Thierart aufgeführt werden, recht different; so fand Boussignault den O-Konsum des Pferdes für 1 *kg* und 1^h = 392 *ccm* und die CO_2-Ausscheidung = 450 *ccm*, Zuntz mit Lehmann dagegen = 215 bezw. 196 *ccm*; ferner stellten Regnault und Reiset für 1 *kg* Frosch in einer Stunde die CO_2-Production in min. zu 30,76, in max. zu 57,7 *ccm* fest, Pott dagegen diejenige eines Laubfrosches zu 189 *ccm*. So zeigt weiterhin selbst das gleiche Individuum grosse Schwankungen unter sonst normalen Verhältnissen; Speck, der mehrmals an sich selbst experimentirte, unterhielt bald einen Gasaustausch von 322 *ccm* O und 271 *ccm* CO_2, bald stieg derselbe auf 420 *ccm* O bezw. auf 364 *ccm* CO_2 je für 1 *kg* Körpergewicht und eine Stunde. Diese wenigen Zahlen bestätigen mehr als jede weitere Auseinandersetzung die Unmöglichkeit, ganz bestimmte Zahlen als Maassstab des respiratorischen Gaswechsels für die einzelne Thierart aufstellen zu wollen. — Die wichtigsten individuellen Einflüsse entspringen

2. dem Geschlechte und dem Alter. Nach Andral und Gavarret scheidet der Mann in allen Lebensaltern mehr CO_2 aus als das Weib; das Verhältniss zwischen beiden gestaltet sich im Alter von 16—40 Jahren fast wie 2 : 1. Im Greisenalter ist bei den Geschlechtern die CO_2-Production relativ (d. h. für den gleichen Gewichtstheil Körper) geringer als im jugendlichen und geschlechtsfähigen Alter. Schwangerschaft steigert den Werth derselben. Auch bei Thieren, selbst Amphibien

(Moleschott und Schelske, Pott) treffen diese Alters- und Geschlechtsunterschiede im Allgemeinen zu.

Ueber die Grösse des Gaswechsels beim Fötus liegen, soweit dies die Säugethiere betrifft, nur indirekte Anhaltspunkte vor. Pflueger berechnet, dass dieselbe beträchtlich hinter derjenigen des geborenen Thieres zurücksteht; auch das neugeborene Thier zeigt Anfangs noch einen geringen O-Konsum. Directe Messungen des Gaswechsels im Fötalleben besitzen wir nur für Vögel. Baumgärtner (1861) berechnet die O-Zehrung bezw. CO_2-Production des einzelnen bebrüteten Eies am 1. Tage der Bebrütung auf 0,0074 *g* bezw. 0,009 *g*, am 9. Tage auf 0,036 *g* bezw. 0,048 *g*, am 20. Tage auf 0,4435 *g* bezw. 0,56 *g* und für das am 21. Tage ausgeschlüpfte Hühnchen auf 0,3717 *g* bezw. 1,008 *g*; der Gewichtsverlust des Eies beträgt aber bis zum 20. Tage 10,479 *g*. Die Wasserabgabe beträgt nach Pott und Preyer bis zum 17. Tage täglich 0,1010 *g*, während bis zu dieser Zeit die exhalirte CO_2 dem inhalirten O genau gleichzukommen scheint, beide betragen am 7. Tage 0,0225 *g*, am 13. 0,0595 und am 17. 0,1489 *g*; von da ab betheiligt sich die CO_2-Abgabe an dem Gewichtsverlust des Eies.

3. Nächstdem ist es das ruhige oder unruhige Verhalten des Individuums, insbesondere körperliche Unthätigkeit oder Thätigkeit (Muskelarbeit), was den Gaswechsel wesentlich beeinflusst. Nach Pettenkofer und Voit beträgt die CO_2-Ausscheidung des ruhenden Mannes von 70—73 *kg* Körpergewicht in 24 Stunden 695—1038 *g*, d. i. 0,41—0,61 für 1 *kg* und 1^h, während sie durch Arbeit bis auf 1038 *g* in 24 Stunden d. i. 0,76 *g* für 1 *kg* und 1^h anstieg. Beim Pferde liess die Leistung von 1 *kgm* (Kilogrammmeter d. h. 1 *kg* Pferd um 1 *m* Weiterbewegung) auf horizontaler Bahn im Schritte die Athemgrösse von 3,582 *ccm* O um 0,09315 *ccm*, im Trabe um 0,1356 *ccm* anwachsen; Zugarbeit steigert den O-Verbrauch erheblicher, zur Bewältigung von 1 *kgm* in horizontaler Fortbewegung bedarf das Thier auf 1 *kg* Körpergewicht 1,376 *ccm*, auf ansteigender Bahn 2,0 *ccm*; einfache Steigarbeit lässt, um 1 *kg* Thier auf 1 *m* zu heben, 1,332 *ccm* O mehr aufgezehrt werden. Bei fortgesetzter Arbeit nimmt das Plus an O-Verbrauch und CO_2-Produktion in der Zeiteinheit jedoch etwas ab, die Arbeit wird also mit dem Laufe der Zeit ökonomischer vollzogen; wenn bei anfänglicher Arbeit z. B. 1 *kg* Pferd bei Zurücklegung von 1 *m* Weg 0,37 *ccm* O consumirt, so bedarf es bei fortgesetzter gleichbleibender Arbeit nur etwa 0,34 *ccm* für die gleiche Arbeitsleistung. Trotzdem kann nach den eingehenden Untersuchungen von Zuntz und Lehmann (1889) von absolut constanten Beziehungen zwischen Arbeitsleistung und Stoffverbrauch nicht die Rede sein, da äussere und innere Bedingungen (Organisation des Thieres, sein individuell und zeitlich verschiedenes Verhalten, seine verschiedene Ernährung u. s. w.) grosse Unterschiede in der Verwendung der thierischen Kräfte bedingen. Ebenso führen Qualität und Intensität der Arbeit zu erheblichen Unterschieden in dem Stoffverbrauche, weshalb bei verschiedenartiger Arbeit niemals derselbe Mittelwerth für die Einheit geleisteter mechanischer Arbeit zu verwerthen sein dürfte.

Als Nachwirkung der Arbeit tritt immer noch eine verstärkte Venti-

lation der Lunge auf, die Luft behält dabei aber einen sehr hohen O-Gehalt und zeigt einen sehr geringen CO_2-Gehalt; die verstärkte Ventilation führt durch reichere Abgabe von CO_2 aus dem Blute an die weniger CO_2-haltige Lungenluft und die damit vermehrte Abscheidung von CO_2 aus den Geweben an das Blut zu einer Verarmung des Vorrathes an fertiger CO_2 im ganzen Körper. Deshalb folgt in weiterem auch der Periode der verstärkten CO_2-Ausscheidung eine solche verminderter CO_2-Abgabe; der respiratorische Quotient, welcher in der Ruhe circa 0,92 beträgt, bleibt während der Arbeit etwa gleich hoch, um in der Periode der Nachwirkung bis auf 1,01 anzusteigen und während der nachfolgenden Ruheperiode auf 0,86 herabzugehen (Zuntz mit Lehmann).

β) Von den äusseren Einflüssen auf die Grösse des thierischen Gaswechsels drängen sich diejenigen der Temperatur und der Ernährung in den Vordergrund.

Die Rolle der Umgebungstemperatur für die Grösse des Gaswechsels anlangend, so nehmen Kaltblüter mit gesteigerter Umgebungswärme selbst eine höhere Temperatur an und scheiden in diesem Zustande auch ein grösseres Quantum CO_2 aus (Spallanzani); ein Frosch exhalirt z. B. bei 39° C. Luftwärme 3mal so viel CO_2 als bei 6° C. (Moleschott). Bei Warmblütern richtet sich der Einfluss der wechselnden Umgebungstemperatur nach dem gleichzeitigen Verhalten der Eigenwärme; kühlt mit der Abnahme der Luftwärme die Körpertemperatur ab, so mindert sich die CO_2-Exhalation (Pflüger etc.); bei zunehmender Körperwärme im Fieber dagegen wächst dieselbe (C. Ludwig mit Sanders-Ezn). Erhält sich die Körpertemperatur bei wechselnder Umgebungswärme constant, so vermehrt die Abkühlung der Umgebung durch reflectorische Anregung der Oxydationsprocesse im Körper (»chemischer Reflextonus«) und durch Zunahme der Zahl und Tiefe der Athemzüge die O-Consumtion und die CO_2-Bildung (Lavoisier u. v. A.); so fand man bei Thieren die CO_2-Abgabe bei einer Luftwärme von 8° C. etwa um 1/3 höher als bei einer solchen von 38° C. Umgekehrt sinkt mit zunehmender Umgebungswärme die Athemthätigkeit und der Gaswechsel (Vierordt, Erler, Litten); bei plötzlichem Uebergang aus kalter in warme Umgebung ist diese Abnahme des Respirationsprocesses besonders auffallend.

2. Des Weiteren modificiren die Grösse des Gaswechsels nicht nur Nahrungsaufnahme und Hunger, sondern auch die Qualität der Nahrungsmittel. Die Nahrungsaufnahme steigert, wie die übereinstimmende Beobachtung aller Forscher, voran Vierordt, lehrt, die Maasse der Respiration wesentlich. Henneberg konnte auf diese Weise z. B. bei vorwiegender Fütterung am Tage bei Schafen die reichlichere CO_2-Abgabe auf den Tag, bei vorwiegender Nachtfütterung auf die Nacht verlegen, so zwar, dass 1 *g* Heu eine Mehrproduction von 0,11—0,12 *g* CO_2 herbeiführt. Es scheint, dass diese Mehrproduction von CO_2 nach der Nahrungsaufnahme ganz besonders von der grösseren mechanischen Arbeitsleistung des Ver-

dauungstractus durch Kauen, Schlingen, Verdauen etc. herrührt, nicht aber von der Aufnahme der Verdauungsproducte in den Säftestrom (Henneberg 1869, Zuntz mit v. Mering 1883). Auch die Wasserausscheidung unterliegt ähnlichen von der Nahrungsaufnahme abhängigen Schwankungen, das Maximum der re- und perspiratorischen Wasserabgabe tritt nicht sogleich mit der Aufnahme des Tränkwassers ein, sondern erst später.

Während der Hungerperiode ist der Gaswechsel vermindert. Vollständige Futterentziehung bei fortgehender Tränkung lässt die CO_2- und Wasser-Ausscheidung nahezu auf die Hälfte herabgehen. Bei fortgesetztem Hungern nimmt der Gasaustausch bis zum Tode stetig ab, und zwar die CO_2-Exhalation Anfangs rascher als die O-Aufnahme, später sinkt jedoch auch die O-Aufnahme in dem Maasse, dass schliesslich kaum mehr O aufgenommen, als in Form von CO_2 ausgegeben wird (Marchand, Regnault mit Reiset, Bidder mit Schmidt).

Bezüglich des Einflusses der Nahrungsqualität haben schon Regnault und Reiset gezeigt, dass nach Aufnahme C-reicherer Nahrungsmittel (Fette und Kohlenhydrate) eine reichere CO_2-Abgabe erfolgt als nach derjenigen der C-ärmeren Eiweisskörper; so gab ein Hund von dem eingeathmeten O nach Genuss von Fleisch 79 pCt. in der CO_2 wieder ab, nach demjenigen von Stärkemehl 91 pCt.; bei directer Einführung der Nahrungsstoffe in das Blut sind N-l wie N-h Nahrungsmittel ohne Einfluss auf die Grösse der O-Aufnahme. Die CO_2-Abgabe ändert sich in dem Sinne, wie es der Verbrennung der Substanzen durch die constant bleibende O-Menge entspricht (Zuntz mit v. Mering). Alkoholische Substanzen, Thee, ätherische Oele mindern die CO_2-Ausscheidung bedeutend (Prout, Vierordt), vielleicht bei gleichzeitiger Steigerung des O-Verbrauches (Landois).

3. Das Sinken der CO_2-Exhalation unter der Mitwirkung der Muskelruhe, der gleichmässigen Umgebungswärme und des Wegfalls der Nahrungsaufnahme lässt auch während des Schlafes in der Nacht die CO_2-Produktion (um etwa $^1/_4$, Scharling) herabgehen, während des Aufenthaltes im Hellen am Tage mit dem O-Verbrauche ansteigen (Moleschott u. A.). Da sich dabei die Grösse der O-Aufnahme auch während der Nacht nicht wesentlich ändert und somit am Tage in der CO_2 weit mehr O exhalirt als aufgenommen, in der Nacht dagegen mehr O (über das Doppelte) eingeathmet, als in der CO_2 zurückgegeben wird, so muss ein Theil dieses Gases im Körper zurückgehalten werden; Pettenkofer und Voit, welche diesen Umschlag des respiratorischen Quotienten während des Tages (> 1) und der Nacht (< 1) zuerst feststellten, glauben, dass die Aufspeicherung des nächtlich in vermehrter Menge aufgenommenen O in Form niederer Oxydationsproducte (nicht aber Oxyhämoglobin) statt hat, welche erst während des Wachens zur endgültigen Verbrennung kommen; an eine Retention der CO_2 zur Erklärung dieser im Vergleich zur O-Aufnahme nächtlich herabgesunkenen CO_2-Exhalation kann dabei nicht gedacht werden (Kowalewsky). In ähnlicher Weise scheint sich der im Winterschlafe so erhebliche Rückgang des Gesammtgaswechsels sowohl, wie auch das Missverhältniss der Grössen beider Gase zu erklären; nach Valentin sinkt der O-Consum auf den 41., die CO_2-Abgabe auf den 75. Theil, und bei tiefem Schlafe erscheint oft nur $^1/_3$ des aufgenommenen O in der durch Lunge und Haut abgegebenen CO_2 wieder. Alles das zusammengenommen bedingt das Auftreten täglicher Fluktuationen

des Gaswechsels, indem Nachts das Minimum, im Laufe des Tages das Maximum, dieses aber in seiner Lage verschieden nach der Zeit der Nahrungsaufnahme und der grössten Muskelthätigkeit, zu erwarten ist. Ueber den Einfluss des Lichtes haben sich zahlreiche Forscher bei allen uns interessirenden Thierreihen informirt; Moleschott fand schon 1855 bei Fröschen, Selmi mit Piacenti, bei Säugern und Vögeln, Fubini selbst bei lungenlosen Fröschen und Chasanowitz bei solchen, deren Athmung durch hohe Rückenmarksdurchschneidung stillgelegt war, eine beide Gase treffende Zunahme durch den Aufenthalt im Hellen und Abnahme durch jenen in der Dunkelheit; in beschränkterem Maasse trifft diese sogar auch bei augenlosen Thieren zu, Kaninchen, deren Augen gegen Licht verschlossen worden waren, nahmen stets weniger O auf und gaben weniger CO_2 ab als dieselben Thiere mit unbedeckten Augen, in letzterem Zustande waren beide Gasaustauschgrössen um $^1/_6$—$^1/_7$ grösser (Pflueger mit v. Platen); es hat also augenscheinlich der Sinnesreiz einen verbrennungsfördernden Einfluss (s. o.).

4. Es ist verständlich, dass Zahl und Tiefe der Athemzüge auf die Grösse der O-zehrenden und CO_2-producirenden Processe keinen anderen Einfluss üben können, als in der dabei etwa vermehrten oder verminderten Arbeit des Athemmuskelapparates gelegen ist (Pflueger, v. Voit); nur durch wenige Minuten kann durch Beschleunigung der Athmung die CO_2-Ausscheidung vermehrt und durch Verlangsamung vermindert werden (Hanriot und Richet). Dagegen wirkt die Lungenventilation in nicht unerheblichem Maasse auf die Entleerung der in dem Körper bereits fertig gebildet enthaltenen CO_2. Je öfter dem Blute durch Zuführung frischer Luft Gelegenheit zur CO_2-Abgabe geboten wird, um so mehr wird es in der Zeit CO_2 zur Ausscheidung bringen; deshalb fördert Zunahme der Athemfrequenz bei gleichbleibender Tiefe und umgekehrt Zunahme der Tiefe bei unveränderter Frequenz eine absolut grössere CO_2-Menge zu Tage, wenn auch die CO_2-Menge im einzelnen Athemzuge relativ vermindert erscheint. Nach Vierordt enthält ein 500 *ccm* umfassender Athemzug mit 21 *ccm* CO_2 davon 4,3 pCt., ein 3000 *ccm* umfassender mit 72 *ccm* CO_2 davon nur 2,4 pCt.; trotzdem wird bei der Athmung mit der Tiefe des ersteren die gleiche Zahl von Athemzügen absolut weniger CO_2 zur Ausscheidung bringen als mit der Tiefe der letzteren.

5. Die Grösse des Gasgehaltes der Luft scheint nicht ganz ohne Einfluss auf die Verbrennungsprocesse im Körper zu sein. Wenn auch nach Regnault und Reiset, sowie nach Lukjanow die Vermehrung des O-Gehaltes der Luft zur Vermehrung des O-Verbrauches seitens des Organismus nicht führt, so veranlasst nach Kempner doch schon Abnahme des O-Gehaltes der Athmungsluft um wenige Procent (auf 18 pCt.) einen Rückgang des O-Verbrauches und damit auch der CO_2-Production; der O-Gehalt des Blutes braucht dabei keineswegs vermindert zu sein, wie er es ja auch thatsächlich nicht ist, wenn der O der Luft nicht unter gewisse geringe Procentsätze (9—12 pCt.) herabgeht. Dass CO_2-Zunahme in der Atmosphäre die CO_2-Abgabe seitens des Blutes erschwert, entnehmen wir den diese letztere beherrschenden Gesetzen (s. o.).

6. Bezüglich des Einflusses des Luftdruckes belehrt uns Vierordt dahin, dass der gesteigerte Barometerstand die Athemfrequenz und dadurch auch die Menge der in der Zeiteinheit die Lunge durchstreichenden Luft also auch der abgegebenen CO_2 vermehrt, jedoch scheint diese Zunahme der CO_2-Ausscheidung in künstlich comprimirter Luft von der Athemfrequenz unabhängig vor sich zu gehen, da in ihr die Athemfrequenz ein wenig abnimmt (Vierordt), die CO_2-Exhalation aber dennoch ansteigt. Die gewöhnlichen barometrischen Druckschwankungen der Atmosphäre be-

dingen jedenfalls keine dauernde Veränderung des Gaswechsels und namentlich keine solche des respiratorischen Quotienten.

7. Auch der Wassergehalt der Luft vermehrt durch seine Zunahme vielleicht lediglich in Folge des Ansteigens der Athemfrequenz und Tiefe die absolute CO_2-Menge in der Exspiration (so bei Kaninchen um 50 pCt. des in trockener Luft exhalirten Quantums, Lehmann).

8. Von künstlichen Einflüssen seien hier nur noch der die CO_2-Ausscheidung sehr bedeutend herabdrückenden Wirkung der Durchschneidung des Halsmarkes (Gréhant und Quinquaud) und der Beibringung gewisser Gifte bezw. Arzneistoffe wie Morphin, Codeïn, Narceïn, Narkotin, Papaverin (Fubini), des Alkohols, der Quecksilber- und Arsenpräparate (Gréhant mit Quinquaud) gedacht. Thebaïn wirkt in dieser Richtung bei verschiedenen Thieren verschieden (bei Hunden und Kaninchen verminderte es die CO_2-Ausscheidung, bei Tauben, Ratten und Meerschweinchen vermehrte es dieselbe, Fubini). Endlich soll nach Gréhant intensive Entzündung der Bronchialschleimhaut trotz bestehenden Fiebers die CO_2-Abgabe herabdrücken.

III. Flüssige Einnahmen des Blutes (Aufsaugung).

Von

W. Ellenberger.

Die flüssigen Einnahmen des Blutes bestehen 1. in solchen Flüssigkeiten und gelösten Substanzen, die von der Aussenwelt stammen, 2. in solchen, die vorher von dem Blute an die Gewebe abgegeben worden waren und unverändert oder nach erlittenen Veränderungen in das Blut zurückkehren. Im ersteren Falle spricht man von der Aufsaugung im engeren Sinne, Absorption, im letzteren Falle von der Rücksaugung, Gewebsaufsaugung, Resorption. Ausser Gasen (s. vor. Kapitel), Flüssigkeiten und gelösten Stoffen können auch feste und geformte Körper in die Gefässe aufgenommen werden und zwar a) lebende Zellen, namentlich solche, die mit amöboider Bewegung ausgerüstet sind und b) solche feste Körper, die in äusserst kleinen Theilchen (zerstäubt, pulverisirt, emulsionirt) in Flüssigkeiten schwimmen. Diese Bluteinnahmen werden im Nachfolgenden mit den flüssigen Einnahmen gemeinsam besprochen werden.

Alles Aufgesaugte gelangt entweder direkt oder auf dem Umwege durch die Chylus- und Lymphgefässe in das Blut.

Die **Absorption** findet wesentlich im Verdauungsschlauche statt, von wo aus die gelösten, verdauten oder emulgirten Nährstoffe in die circulirende Säftemasse des Thierkörpers eintreten. Deshalb kann der Vorgang auch als Nährstoffabsorption bezeichnet werden.

Ausser den Nährstoffen werden aber auch andere Stoffe, die von aussen in oder auf die Gewebe des Thierkörpers, in den Verdauungskanal, in die Unterhaut u. s. w. gelangen, in die Säftemasse des Thierkörpers aufgenommen.

Bringt man flüssige oder gelöste Substanzen auf eine Schleimhaut, eine seröse Haut und dergl. oder in ein Gewebe, so sind dieselben nach kurzer Zeit verschwunden und circuliren mit dem Blute durch den Thierkörper.

Die **Resorption** findet in und auf allen Geweben und Organen statt, mithin auch in der Darmwand und im Darmkanale, woselbst neben ihr der Vorgang der Nährstoffabsorption abläuft. Die erste Bedingung der Resorption ist die Transsudation (s. S. 333), welche in die Gewebe, die Gewebsspalten und die Körperhöhlen hinein stattfindet.

Die Menge des Transsudirten ist eine sehr bedeutende. Da nur ein kleiner Theil desselben der Assimilation verfällt und in den Geweben verbleibt (beim Wachsthum,

bei der Fettablagerung und dergl.), der bei Weitem grösste Theil aber resorbirt werden muss, so muss der Rückstrom in das Blut ein ganz gewaltiger sein.

Das zur Rückaufsaugung gelangende Material hat grösstentheils die Gewebe ganz unverändert durchlaufen; nur der kleinere Theil desselben hat während der Gewebscirculation den Stoffwechselvorgängen unterlegen und dabei bedeutende chemische Veränderungen durchgemacht; er wird in Form der Stoffwechselproducte resorbirt.

Auch gewisse Drüsen- und Hautsecrete werden, nachdem sie den Zwecken, für die sie bestimmt sind, gedient haben, wieder in das Blut aufgenommen (ein Theil der Verdauungssecrete, das Serum der Höhlen u. s. w.). Weiterhin können auch unter gewissen Verhältnissen (z. B. bei längerem Hungern) Theile der Gewebe und Organe des Körpers (nach vorheriger Verflüssigung oder nach körnigem Zerfall) zur Resorption gelangen. Auch Extravasate, Exsudate, Neubildungen werden nach vorheriger Einschmelzung resorbirt.

Das aufzusaugende Material wird in die Abzugskanäle der Organe aufgenommen und, mit dem Blute oder der Lymphe gemischt, durch die Circulation fortgeleitet und unterwegs eventuell chemisch verändert. Als Abzugskanäle, resp. Drainage- und Entwässerungsröhren der Gewebe functioniren die Venen und die Lymphgefässe. Diese führen sowohl die Stoffwechselproducte als auch das aus den Arterienenden überschüssig Ergossene aus den Geweben und Organen ab und überliefern die ersteren schliesslich den Excretionsorganen.

A. Ueber den Vorgang der Aufsaugung im Allgemeinen und über die Bewegung der Lymphe und des Chylus.

Die Aufsaugung erfolgt durch die Blutgefässcapillaren resp. die Venenanfänge und durch die Wurzeln der Lymph- und Chylusgefässe.

Nach der Entdeckung und weiteren Erforschung der Lymph- und Chylusgefässe und ihres Verlaufs durch Aselli, Eustach, Vesbing, Friedr Hoffmann, Pecquet, Rudbeck, Bartholin, Meckel, Monro, Hunter u. A. brach sich die Anschauung Bahn, dass sowohl die Aufsaugung als die Abführung des Aufgenommenen nur und allein durch diese Gefässe erfolge. Die neuere Zeit hat aber festgestellt, dass diese Anschauung eine irrige ist (Magendie, Dellile, Colin, Mayer, Segallus, Tiedemann & Gmelin, Panizza, C. Ludwig, Kürschner, Flandrin u. A.) und dass die Blutgefässe einen erheblichen Theil der Aufsaugung selbst besorgen, ja dass sie viel rascher und mehr als die Lymphgefässe aufsaugen. Die Lymph- und Chylusgefässe saugen nur dasjenige auf, was die Blutgefässe übrig lassen, gewissermassen das, was auf dem Filter zurückbleibt, namentlich emulgirtes Fett und körperliche Elemente. Sie sind demnach als Hilfs- und vicariirende Organe der Blutgefässe thätig, wodurch das Aufsaugungsgeschäft erheblich erleichtert und beschleunigt wird. Durch ihre lebhafte aufsaugende Thätigkeit verhindern sie viele Störungen, die bei alleiniger Function der Blutgefässe eintreten würden.

Dass die Blutgefässe aus den Geweben und Höhlen aufsaugen, ergiebt sich aus dem Bau ihrer Capillaren und aus den Gesetzen der Diffusion und Filtration. Es folgt aber auch daraus, dass bei Unterbindung aller in das Blutgefässsystem einmündenden Lymphstämme dennoch Gifte, Riech- und andere chemisch nachweisbare,

in den Verdauungskanal eingebrachte Stoffe im Blute auftreten und endlich daraus, dass selbst dann Vergiftungen eintreten, wenn man Gifte in eine solche Gliedmasse oder Darmschlinge spritzt, welche bis auf Arterie und Vene vollständig abgetrennt ist.

Die Aufsaugung der Lymphgefässe ergiebt sich aus vielen bekannten Thatsachen, z. B. daraus, dass bei Unterbindung oder Durchtrennung aller Blutgefässe einer Gliedmasse dennoch die in die Gliedmasse eingespritzten Gifte im Blute auftreten, ferner daraus, dass beim Einspritzen septischer Substanzen in ein Organ in erster Linie die Lymphdrüsen erkranken u. s. w.

Unsere heutigen Kenntnisse über die Aufsaugungsvorgänge gründen sich wesentlich auf die Resultate der Untersuchungen der Leipziger Schule (C. Ludwig) und auf die Arbeiten von Noll, His, Brücke u. A.

Die Vollkommenheit und Schnelligkeit der Aufsaugung ist in erster Linie abhängig von den zu resorbirenden Stoffen, von dem Bau, Thätigkeitszustande und den Verhältnissen des Gefässsystems der Theile, woselbst die Aufsaugung stattfindet; sie ist z. B. abhängig von der Mischbarkeit des Aufzusaugenden mit den Gewebsflüssigkeiten, von dem Concentrationsunterschiede und den chemischen Verschiedenheiten beider, von der Diffusibilität des Aufzusaugenden, von der Durchlässigkeit, dem Baue, dem Blut- und Lymphgefässreichthum der Gewebe, von der Schnelligkeit des Säftekreislaufs an der Aufsaugungsstelle, von dem Blutdruckverhältnisse und dem Spannungsunterschiede zwischen dem Blute und den Gewebssäften, von nervösen Einflüssen und von der Saug- und Druckkraft des Herzens. Sie erfolgt hauptsächlich nach den Gesetzen der Imbibition (der Permeabilität der Gewebe), der Capillarität, der Osmose (Diffusion) und der Filtration (s. S. 285).

a) Wären die thierischen Gewebe und Organe nicht imbibitionsfähig, dann könnte der ganze Vorgang der Transsudation mit nachfolgender Resorption nicht statthaben. Die Verschiedenartigkeit der Imbibitionsfähigkeit der einzelnen Gewebe und Organe erklärt zum Theil die verschiedene Schnelligkeit in der Resorption derselben Flüssigkeit an verschiedenen Körperstellen.

b) Die Diffusion resp. die Endosmose (Dutrochet 1826, Nollet, Parrot, Graham, Porret u. A.) wirkt überall unterstützend auf die Transsudations- und Resorptionsvorgänge. Sie kommt mehr bei der Aufsaugung durch Blutgefässe als bei der durch Chylus- und Lymphgefässe in Betracht. Es bestehen einerseits zwischen dem arteriellen Blute und den Gewebsflüssigkeiten, und andererseits zwischen diesem und dem venösen Blute ununterbrochen osmotische Ströme zum Zwecke des physikalischen und chemischen Ausgleiches. Was den Geweben an chemischen Stoffen fehlt und reichlich im Blute zugegen ist, strömt ihnen zu, und was die Gewebe in grosser Menge enthalten, strömt von ihnen zum Blute. Die Aufsaugung ist vielfach unabhängig von den Diffusionsgesetzen, so fand man (Leubuscher, Heidenhain), dass Kochsalzlösungen (bis $1^1/_2$ pCt.) leichter als Wasser und als Glaubersalz und dass Natriumsalze leichter als Kaliumsalze aufgesaugt wurden, Thatsachen, die mit den Diffusionsgesetzen im direkten Gegensatze stehen und beweisen, dass bei der Aufsaugung noch besondere Kräfte thätig sind (s. unten).

c) Neben den Diffusions- kommen bei der Aufsaugung auch die Filtrationsgesetze in Betracht. Der arterielle Blutdruck ist höher als der des Gewebssaftes. Dieser hängt von jenem ab und ist seinerseits höher als der in den Anfängen, resp. den Wurzeln der Venen und Lymphgefässe. Demnach müssen die Arterienenden resp. ihre Capillaren fortwährend Flüssigkeiten an die Gewebe abgeben, und die Anfänge

der Venen und Lymphgefässe Flüssigkeiten aus den Geweben aufsaugen. Verschiedene noch zu besprechende Einrichtungen und Vorgänge im Thierkörper bezwecken, den Ausgleich dieser Druckunterschiede zu hindern, dieselben fortwährend wieder herzustellen und zu dauernden zu machen, damit die Vorgänge der Transsudation und Resorption ununterbrochen ablaufen können.

d) Die Gesetze der Capillarität (Agginati) kommen bei der Fortleitung des Transsudirten durch die Gewebe und durch die Lymphspalten, Saftkanäle u. dergl. in Betracht.

Ueber die Geschwindigkeit des Aufsaugungsvorganges erhält man am besten eine Vorstellung aus den Beobachtungen über die Aufnahme von gelösten Stoffen, welche in die Unterhaut, die Lungen etc. eingespritzt oder auf Schleimhäute, seröse Häute und andere Körperoberflächen gebracht werden. Verschiedene Salze konnten 3 Secunden nach dem Einspritzen in die Unterhaut schon im Blute und nach 3—5—10 Minuten im Harn oder im Ductus lymphaticus trachealis gefunden werden. Näheres hierüber findet man in den Lehrbüchern über allgemeine Therapie und Arzneimittellehre.

Erwähnenswerth ist noch, dass bei fortschreitender Resorptionszeit die Resorptionsgrösse abnimmt und dass bei steigendem Innendruck die Geschwindigkeit der Resorption bis zu einer gewissen Grenze (100 *mm* Wasserdruck) zunimmt, um bei noch höherem Drucke wieder abzunehmen (Leubuscher).

Ueber den Einfluss des Nervensystems auf die Aufsaugungsvorgänge weiss man trotz der Studien von Christison und Coindet, Brodie, Colin u. A. nichts Sicheres. Es scheint, dass das Nervensystem nur insofern auf die Resorption einwirkt, als es den Blutdruck, die Weite der Gefässe, die Blutströmung u. dergl. beherrscht, dass es aber die physikalischen Vorgänge nicht beeinflusst.

Man weiss z. B., dass nach Zerstörung aller Nerven eines Organes die Resorption in demselben (z. B. bei Einspritzung von Giften) nach wie vor bestehen bleibt. Andererseits liegt allerdings auch eine Beobachtung von Goltz vor, nach welcher eine subcutan beigebrachte Kochsalzlösung nicht mehr absorbirt wurde, nachdem das centrale Nervensystem zerstört war.

1. Aufsaugung durch die Blutgefässe.

Die grösseren Venen und alle, selbst die kleinsten Arterien können sich an der Aufsaugung deshalb nicht betheiligen, weil ihre starken Wände für Diffusionsströme so gut wie undurchgängig sind und weil in den Arterien ausserdem der Blutdruck den Eintritt von Flüssigkeiten in dieselben hindert. Demnach resorbiren nur die Kapillaren als Venenanfänge, die kleinsten Venen und die Geflechte aus dünnwandigen Venen. Diese Gefässe besitzen genügend dünne und für Wasser, wässerige Lösungen fester Körper und Gase durchgängige Wände; auch steht ihr Inhalt unter einem nur geringen Drucke. Die Aufsaugung erfolgt hier, abgesehen davon, dass auch die Filtration, Imbibition und Capillarität in Betracht kommen, zu einem erheblichen Theile durch Diffusionsvorgänge.

Dies ergiebt sich schon daraus, dass das Blut und der Gewebssaft

eine verschiedene qualitative und quantitative Zusammensetzung haben; der Gewebssaft ist schwächer alkalisch, oft sogar sauer, er enthält weniger Natronsalze, weniger Albuminate als das Blut u. s. w. Dazu kommt, dass das Blut die Gewebe zwar ausgebreitet, aber rasch durchströmt, sodass es nur geringe Veränderungen erleidet, ferner dass das Blut das aus den Geweben Aufgenommene z. Th. an die Excretionsorgane abgiebt und andererseits aus dem Verdauungskanale neue Körper (Eiweiss, Kohlehydrate, Salze u. s. w.) aufnimmt, und endlich, dass auch der Gewebssaft in Folge anhaltender Transsudation und Resorption und des continuirlichen Blutstroms fortwährend gewechselt wird. Dies Alles sind Umstände, welche eine vollkommene chemische oder diffuse Ausgleichung des Blutes mit dem Gewebssaft und damit den Stillstand der Diffusionsströme hindern, die osmotischen Ströme zu dauernden machen und das Blut befähigen, fortwährend Bestandtheile aufzunehmen und abzugeben.

Da der Blutdruck in den Arterienenden (in dem arteriellen Capillargebiete) und in den Geweben ein grösserer ist als in den Venenwurzeln, da also das den Geweben zuströmende Blut unter höherem Drucke steht als das abfliessende, so müssen die Venenanfänge nach den Filtrationsgesetzen saugend auf die Gewebsflüssigkeit wirken.

Je freier die Circulation, je lebhafter die Blutströmung, um so besser findet die Aufsaugung statt; Aderlässe, starke Säfteverluste, starkes Schwitzen, Nahrungsentziehung, überhaupt jede Minderung der Blutmenge steigert die Resorption. Dies bewirkt auch jede Körperbewegung, und zwar sowohl durch Druck auf die Venen, die Lymphgefässe und Gewebsspalten als auch durch Anregung der Herzthätigkeit und der Athmung.

Bei Infusionen, Transfusionen, überhaupt bei Vermehrung der Blutmenge, sinkt die Resorption; je voller die aufsaugenden Gefässe sind, desto langsamer geht die Aufsaugung vor sich. Je geringer das endosmotische Aequivalent der aufzusaugenden Stoffe ist, je leichter mischbar dieselben mit dem Blute, je permeabler und je reicher an Gefässen die Gewebe sind, um so lebhafter ist die Aufsaugung.

Von den Blutgefässen dürften direct aufgesaugt werden: Wasser, Salze von Alkalien, Zucker, Harnstoff, Leucin, Tyrosin, Kreatin und andere Stoffwechselproducte, Farbstoffe, Pepton, überhaupt fast alle gelösten Stoffe. Unveränderte Eiweisskörper dürften nur in geringer Menge von den Blutgefässen aufgesaugt werden. Feste ungelöste resp. unlösliche Körper, die, wenn sie genügend fein vertheilt sind, von Lymph- und Chylusgefässen aufgenommen werden (z. B. Fettkörnchen) können in die Blutgefässe nicht eintreten. Dagegen können Leucocyten und activ bewegliche Zellen in die Venenanfänge und Capillaren eindringen.

Die Umstände, welche auf die Blutbewegung in den Venen und Arterien einwirken und dadurch die Resorption beeinflussen, sind in dem Kapitel »Kreislauf« besprochen worden. Auch finden dieselben in dem Kapitel »Lymphbewegung« Erwähnung; fast alle auf die Bewegung der Lymphe influirenden Umstände wirken auch auf die Bewegung des venösen Blutes ein.

2. [Aufsaugung durch die Lymphgefässe. Lymphbewegung.

Anatomische Vorbemerkungen. Der Ursprung der Lymphgefässe (Toynbee Virchow, His, Reklinghausen, Genserich u. A.) liegt gewöhnlich in wandungslosen, interstitiellen oder intercellulären Räumen, resp. in einem zusammenhängenden System von Lücken, Kanälen und Hohlräumen, die in offene Lymphgefässe einmünden. Auch die grossen Körperhöhlen sind als Lymphräume zu betrachten, in deren zelliger Innenschicht sich intercelluläre Löcher befinden, welche die freien Oeffnungen von Lymphgefässen darstellen.

Die Ursprungsräume der Lymphgefässe, mit denen auch die Blutgefässe und zwar durch Poren ihrer Wand communiciren (Arnold, Arndt, Thoma, Uskoff) treten in verschiedenen Formen auf. Die Lymphgefässe entspringen in den Bindesubstanzen in der Form des in der Intercellularsubstanz vorhandenen, aus verschieden gestalteten Lücken und communicirenden Kanälchen bestehenden Saftcanalsystems, in der Substanz der nervösen Centralorgane und der Lungen (?) mit perivasculären Räumen, im Hoden, in den Darmzotten und anderen Organen mit Interstitiallücken, in den Drüsenhohlräumen (den Alveolen der Lungen mit Stomata), in vielen drüsigen Organen und drüsenhaltigen Häuten in der Form der periglandulären, resp. perialveolären und peritubulösen Räume (Lymphsinus), an der Wand der grossen Binnenräume (Pericardial-, Brust- und Bauchhöhle, Augenkammern, pericerebrale Räume, Gehirnkammern (?), Centralcanal des Rückenmarks (?), Lymphräume des Auges, des Gehörorgans u. s. w.) und anderer Höhlen und Canäle (Nasenhöhle, Trachea (Hjalmar-Heiberg) mit Stomata u. s. w.

An die genannten Ursprungsräume schliessen sich die Lymphcapillaren in der Weise an, dass sie direct mit freien Oeffnungen aus ihnen entspringen oder in der Weise, dass die Saftcanäle und Lücken allmählich in die Capillaren übergehen (Reklinghausen, Schweigger-Seydel, Ludwig, Dybkowsky, Dogiel). Die grösseren Lymphgefässe besitzen eine contractile Wand und an der Innenseite zahlreiche herzwärts gerichtete Klappen und Falten. Sie durchlaufen meist Lymphdrüsen, die mit einer contractilen Kapsel und einem contractilen Gerüste versehen sind.

Der Gesammtquerschnitt des Lymphgefässsystems, sowohl eines Organes als des ganzen Körpers, nimmt gegen die Stämme hin mehr und mehr ab, d. h. der aus der Vereinigung zweier oder mehrerer Aeste entstehende Stamm hat ein kleineres Lumen als die einzelnen Aeste zusammengenommen, und der ductus thoracicus (resp. der truncus trachealis dexter) hat einen viel kleineren Querschnitt als die sie zusammensetzenden Aeste und Zweige in ihrer Gesammtheit.

Die Wände der Lymph- und Chylusgefässe sind durchgängig, selbst für Fetttröpfchen. Bei hohem Druck können deshalb milchige Infiltrationen des Bindegewebes der Umgebung der Lymphgefässe und Wanderungen der Lymphe daselbst (wie beim Eiter) beobachtet werden.

Aufsaugungsvorgang und Lymphbewegung. Die aus den Arterienenden heraustretende Flüssigkeit tritt in die Gewebs- und intercellulären Spalten und zum geringen Theile in die Gewebszellen selbst ein. Durch die Gewebe wird sie auf den in ihnen für Flüssigkeiten vorhandenen Bahnen und Wegen (Saftlücken, Saftkanälen u. s. w.) durch den von den Arterien ausgehenden Filtrationsdruck (die vis a tergo) und zum Theil wohl auch durch Capillarität, ferner durch die bis hierher wirkende Saugkraft des Herzens und der Lymphgefässe, durch die Bewegungen der Gewebselemente (der Zellen, Fasern etc.) und durch andere Um-

stände (s. u.) fortbewegt. Aus den Gewebsspalten und Kanälen, welche die Wurzeln der Lymphgefässe sind, tritt die Lymphe in die kleinen Lymphgefässe über; von diesen strömt sie nach grösseren Aesten und Stämmen, passirt eine oder mehrere Lymphdrüsen und gelangt schliesslich in wenige Hauptstämme, die in grössere Venen einmünden. Die Lymphe tritt also schliesslich in das Blut und mischt sich mit demselben.

Der Lymphstrom, welcher continuirlich, aber viel langsamer ist als der Blutstrom, wird bedingt durch den Unterschied, welcher zwischen dem Innendruck an den Lymphgefässwurzeln und demjenigen an ihren Einmündungsstellen in die Venen besteht. Da der letztere viel niedriger als der erstere ist und da dieser Unterschied stets besteht, so muss die Lymphe stetig von den kleinen zu den grossen Lymphgefässen bis zur Veneneinmündung fliessen. Alle Umstände, welche den Druckunterschied erhöhen, alle Druckänderungen, jeder Wechsel in der Grösse der Organe (Lungen, Zwerchfell etc.), Druck und Drucknachlass auf die Lymphgefässe, besonders durch Muskelbewegung, Blutdruckänderungen u. s. w. beschleunigen den Lymphstrom und fördern die Resorption.

Die einzelnen Umstände, die anatomischen und physiologischen Einrichtungen, welche bei der Resorption durch die Lymphgefässe und bei der Lymphbewegung wesentlich in Betracht kommen, sind folgende:

1. Der **Blutdruck** (Ludwig, Noll, Thoma). Durch immer neue Transsudationen, die ihre Ursache im Blutdruck haben, wird der Parenchymsaft vorwärts in die Wurzeln und Capillaren der Lymphgefässe getrieben. Die Blutcirculation bestimmt sonach die Lymphcirculation. Steigerung des Blutdruckes (durch Zuschnüren und Verengern der Venen etc.) steigert den Lymphstrom.

Der Blutdruck, resp. der Parenchymdruck ist die vis a tergo des Lymphstroms. Da der Blutdruck in erster Linie vom Herzen abhängt, so liegt in dessen Arbeit die Haupttriebkraft der Lymphbewegung. Das Saugen und Pumpen des Herzens erhält den Unterschied zwischen dem Druck an den Lymphgefässanfängen und -enden.

Je lebhafter das Herz saugt, d. h. je lebhafter die Lymphe gegen die Hauptstämme abfliesst, um so niedriger wird der Druck an den Lymphgefässwurzeln, um so lebhafter saugen diese den Gewebssaft ein. Je kräftiger das Herz pumpt, um so höher wird der arterielle und der Gewebsdruck und um so mehr Lymphe wird in die offenen Lymphgefässe hineingepresst und hineingesaugt.

Es soll hier nicht verschwiegen werden, dass spätere Untersuchungen von Ludwig, Emminghaus und Paschutin gezeigt haben, dass die Transsudation und Lymphbildung keineswegs auf jede Art von Drucksteigerung in den Blutcapillaren zunimmt. Vermehrte Zufuhr arteriellen Blutes und damit Blutdruckerhöhung erhöhte vielfach die Lymphbildung nicht. Eine Erklärung für diese überraschende Beobachtung giebt es nicht.

2. Die **Athmung** resp. die Aspiration des Thorax (Bary u. A.). Bei der Inspiration sinkt der Druck im Thorax (er wird negativ) und steigert sich die Elasticität der Lungen, resp. der von ihnen ausgeübte elastische Zug; demgemäss erweitern sich die in der Brusthöhle gelegenen Lymphgefässe, und entleert sich das Receptaculum chyli (in der Bauchhöhle

gelegen) in dieselben; bei der Exspiration steigert sich der Druck in der Brusthöhle, wodurch die aufgenommene Lymphe vorwärts in die Venen getrieben wird.

Die Athmung wirkt aber auch noch in anderer Weise befördernd auf den Lymphstrom, z. B. durch die bei der Athmung stattfindenden Bewegungen, durch die Wirkung der Athmung auf das Herz, den Blutdruck u. s. w.

3. Das **Zwerchfell** (Ludwig, Schweigger-Seidel, Recklinghausen, Schwalbe), die **Intercostalpleura** (Dybkowsky) und andere **aponeurotische Gebilde** (Genserich), z. B. Muskelaponeurosen, Fascien und dergleichen.

a) Das 4schichtige, aus einer dicken thoracalen Circulär- und einer gleich dicken abdominalen Radiärfaserschicht und einer subpleuralen und subperitonealen dünnen Transversalfaserschicht bestehende Centrum tendineum des Zwerchfelles, welches peritoneal ein Lymphspaltensystem und pleural ein Netz von Lymphgefässen enthält, wird zu einem Pumpwerk für die Lymphe, sobald es in Bewegung geräth

Beim Exspiriren erweitern sich die peritonealen Stomata und die zwischen den Radiärfasern gelegenen Spalten. Auf diese Weise wird Lymphe aus der Bauchhöhle aufgesaugt. Indem aber gleichzeitig die in der Circulärfaserschicht gelegenen Lymphgefässe zusammengedrückt werden, wird die in ihnen enthaltene Lymphe ausgepresst und Platz für neu eintretende Flüssigkeit beschafft. Bei dem nachfolgenden Inspiriren erweitern sich diese Gefässe der Circulärfaserschicht und saugen dadurch die Lymphe aus der Radiärfaserschicht an.

Die Füllung der Lymphgefässe des Zwerchfells kann man sehr schön beobachten, wenn man farbige Flüssigkeiten oder Milch in die Bauchhöhle resp. auf die peritoneale Fläche des Zwerchfells bringt und die künstliche Respiration einleitet, sodass An- und Abspannung des Zwerchfells regelmässig wechselt.

b) Die Pleura besitzt nach Ludwig und Dybkowsky einen ähnlichen Resorptionsmechanismus wie das Zwerchfell, nämlich innen Spalten und aussen ein mit den Spalten in Verbindung stehendes Lymphgefässnetz.

Beim Inspiriren wird die Lymphe der Brusthöhle in die Spalten der Innenschicht der Pleura costalis angesaugt; dadurch, dass bei der Inspiration die vorher zusammengedrückten Lymphgefässe der Aussenschicht sich erweitern, saugen sie nun mehr denn vorher die in die Innenschicht eingedrungene Lymphe an. Die hierbei in Betracht kommenden Triebkräfte sind α) die Intercostalmuskeln, welche bei der Inspiration die Pleura anspannen und β) die elastischen Lungen, die bei der Exspiration wirken.

c) Die Muskelaponeurosen und Fascien sind ähnlich wie das Centrum tendineum gebaut, sie besitzen an der Innenseite die Spalten und aussen das Lymphgefässnetz. Die Contraction und Erschlaffung der Muskeln bewirkt, dass auch sie als Lymphherzen und Resorptionsorgane wirken (Genserich).

Dicht an der Muskelsubstanz liegt ein tieferes, leiterförmiges Lymphgefässsystem in den Längsspalten der Sehnenhäute; oberflächlich (peritendinös) findet sich ein polygonales Netz. Beide sind durch Verticaläste verbunden. Das ganze System ist klappenlos. Jede Bewegung füllt das tiefe, jede Ruhepause das oberflächliche Netz.

4. **Der Klappenapparat der Lymphgefässe**, der Druck von aussen

und die Körperbewegungen. Die Lymphgefässe besitzen an ihrer Innenfläche zahlreiche, mit dem freien Rande herzwärts gerichtete Klappen, die sich aufrichten, sobald die Lymphe rückwärts zu strömen versucht. Sie schliessen damit die Gefässe ab und hindern das Zurückfliessen der Lymphe. Demnach muss jeder von aussen auf die Lymphgefässe wirkende Druck die Lymphe vorwärts treiben.

In dieser Beziehung kommt vor allen Dingen die Contraction und die Elasticität der Muskeln resp. die **Muskelbewegung** und die Locomotion in Betracht (Genserich, Lesser, Paschutin, Ludwig u. A.).

Die Bewegungen der Gliedmassen etc. wirken in mehrfacher Beziehung anregend auf die Resorption und die Lymphbewegung; es kommt dabei die schon besprochene Wirkung der Fascien und Aponeurosen, sodann der Druck des contrahirten und des elastisch gespannten Muskels auf die Lymphgefässe, weiterhin der durch die verschiedene Stellung der Gelenke resp. der Knochen auf dieselben ausgeübte Druck und Zug in Betracht. Bei der Locomotion ist als wesentlicher Motor ferner der durch das Körpergewicht bei jedem Schritt auf die Venengeflechte und Lymphgefässe des Fusses (im Ballen der Pferde etc.) wirkende Druck zu berücksichtigen. Die Körperbewegungen wirken auch noch dadurch befördernd auf die Aufsaugung und die Lymphbewegung, dass sie das Herz anregen, den Blutdruck steigern und die Blutbewegung befördern, dass sie die Athmung beschleunigen und den Stoffwechsel erhöhen.

Bei dem Ruhen der Thiere ist die im Ductus thoracicus enthaltene Lymphe reich an Fetttröpfchen; bei der Bewegung nimmt die Menge derselben bedeutend ab, weil jetzt die Gliedmassenlymphe das Uebergewicht über die Darmlymphe (Chylus) erhält. — Bei längerem Stehen im Stalle schwellen den Pferden die Beine an; bei der Bewegung schwindet diese Anschwellung. Bei ruhenden Thieren fliesst die Lymphe langsam aus einem geöffneten Gefässe (duct. thorac.) ab; werden künstlich Beugungen und Streckungen der Gelenke der Gliedmassen vorgenommen, dann beschleunigt sich der Lymphstrom bedeutend. Bei todten Thieren wird der stockende Lymphstrom wieder in Fluss gebracht, sobald man die Gliedmassen bewegt, künstliches Athmen einleitet, den Bauch knetet u. s. w.

5. **Die Contractilität und Elasticität der Venen, der Lymph- und Chylusgefässe** (Taraschanoff, Goltz). Die Lymphgefässwände sind elastisch und contractil, beides Eigenschaften, welche die Lymphströmung unterstützen müssen. Arnold Heller hat an den Lymphgefässen des Mesenterium eine peristaltische, rhythmische Bewegung constatirt, die ihre Ursache nur in der Contraction der Gefässwände besitzen konnte.

6. **Die Aspiration des Herzens und der Venen**. Da das Herz saugend auf das Venensystem und dessen Inhalt wirkt, so übt es diesen Einfluss auch auf dessen Anhängsel, das Lymphgefässsystem aus (über die Aspiration des Herzens s. Circulation).

7. Die **Zwerchfellpfeiler** drücken bei ihrer Contraction, also bei jeder Inspiration, auf den zwischen ihnen liegenden Ductus thoracicus und befördern dadurch den Lymphstrom.

8. **Die Lymphdrüsen.** Die Lymphdrüsen verlangsamen und fördern

den Lymphstrom. Ersteres findet durch die zahlreichen Widerstände statt, welche das complicirte Hohlraumsystem derselben der eintretenden Lymphe entgegenstellt. Die Lymphe fliesst sonach langsam durch die Lymphknoten hindurch und hält sich lange dort auf. Die Lymphdrüsen besitzen aber Muskulatur in ihrer Kapsel und in den Trabekeln. Dadurch, dass sich diese Muskulatur von Zeit zu Zeit contrahirt, wird die Lymphe aus den Drüsen centralwärts in die Lymphgefässe gepresst und so der Lymphstrom angeregt.

9. **Die Zotten der Darmschleimhaut.** Dieselben kommen wesentlich bei der Aufsaugung und Fortleitung des Chylus in Betracht (s. Nährstoffabsorption).

10. Die **Contraction der Darmmusculatur** (Motus peristalticus). Bei jeder Contraction der Darmmusculatur wird der durch die Zotten aufgenommene und in die Chylusgefässe des Darmkanals beförderte Chylus weiter geschoben.

11. Die Erweiterung und Verengerung der Blutgefässe (der Puls) wirkt bei dem Vorhandensein perivasculärer Lymphräume befördernd auf den Lymphstrom und die Resorption, indem bei jeder Erweiterung des axial im Lymphraum liegenden Gefässes die Lymphe vorwärts geschoben wird.

12. Vielleicht hat auch noch das Lageverhältniss der Lymphgefässcapillaren zu den Blutcapillaren einen Einfluss auf die Lymphbewegung. Die Lymphcapillaren liegen meist unter den Blutcapillaren und möglichst weit von diesen entfernt. Letzteres hat offenbar weiterhin noch die Bedeutung, dass dadurch die Lymphe genöthigt wird, möglichst viel Gewebe zu durchlaufen und diesem Material für Ernährung und Function abzugeben.

13. Amöboide Zellen in den Saftspalten, z. B. in der Cornea. Durch Contraction und Erschlaffung, durch Quellen und durch Auspressen des Aufgenommenen bewirken sie eine Anregung der Strömung des Gewebssaftes.

14. Die Verkleinerung des Querschnittes des Lymphgefässsystems gegen die Stämme bedingt eine Zunahme der Geschwindigkeit des Lymphstroms in centraler Richtung, dadurch Entlastung der Anfangszweige und Beförderung der Aufsaugung.

15. Der wechselnde Druck der Baucheingeweide auf die Bauchwand, speciell auf das Peritonäum. Bei jeder Einathmung werden die Baucheingeweide gegen das Bauchfell gepresst, bei jeder Ausathmung weichen sie zurück. Auch bei den peristaltischen Bewegungen findet Wechsel in den Druckverhältnissen des Darmes auf das Bauchfell statt. Die Wirkung des Bauchfells bei der Aufsaugung dürfte sich n ähnlicher Weise regeln, wie die der Pleura.

16. Der wechselnde Druck des Herzens auf das Pericardium, welcher durch die Herzbewegungen hervorgerufen wird.

17. Der Druck der Knochenenden auf die Synovialhäute bei den Bewegungen der Gelenke.

18. Der wechselnde Druck des sich hebenden und senkenden Gehirns (s. unten) auf die pericerebralen Häute.

19. Der verschiedene Druck des Darminhaltes auf die Darmwand.

20. Der Wechsel im Druck bei der Athmung auf die intraalveoläre Lymphe.

21. Lymphherzen. Sie kommen bei den Säugethieren nicht vor, wohl aber bei niederen Wirbelthieren; Panizza hat sie bei den Amphibien entdeckt; mit ihrem Studium haben sich Volkmann, Eckhardt, Heidenhain, Waldeyer, Wittich,

Ranvier u. A. befasst. Es sind contractile mit quergestreifter Muskulatur versehenen in das Lymphgefässsystem eingeschobene Apparate, welche rhythmische Contractionen, (beim Frosch ca. 60 Mal in der Minute), ähnlich wie das Blutherz, vollziehen und eine grosse Bedeutung für den Säftestrom der fraglichen Thiere besitzen. Strychnin steigert ihre Thätigkeit, Antiar und Curare hebt sie auf etc.

Die **Stromgeschwindigkeit** der Lymphe nimmt von den Wurzeln gegen die Stämme der Lymphgefässe zu. Sie wechselt so sehr, dass sich keine allgemein gültigen Zahlen angeben lassen. Colin fand z. B., dass sie beim Pferde und Ochsen im Halsstamme 11,8, im Ductus thoracicus 107 *cm* in der Minute betrug; Weiss fand sie 4 *mm* in der Sekunde im Halsstamme und 230—300 *mm* im Ductus thoracicus des Pferdes; Ludwig und Lesser bestimmten die Ausflussgeschwindigkeit bei hungernden Hunden im Mittel auf 0,68 *ccm* in der Minute.

Der Halsstamm	des	Pferdes	lieferte	16—80 *g*	pro	Stunde,	384—2112 *g*	in	24	Stunden
»	»	» Ochsen	»	60 *g*	»	»	1440 *g*	»	»	»
»	»	» Schafs	»	12 *g*	»	»	288 *g*	»	»	»
»	»	» Hundes	»	9 *g*	»	»	216 *g*	»	»	»

Der **Lymphdruck.** Die Lymphgefässe sind überfüllt, d. h. gedehnt. Der Seitendruck beträgt: a) im Halsstamme des Hundes 8—18 resp. 5—20 *mm* (Ludwig, Noll, Weiss); b) in dem des Pferdes 10—20 *mm* Sodalösung (von 1,08 spec. Gew.) (Weiss, Noll); c) im Duct. thoracicus des Pferdes 12 *mm* Quecksilber (Weiss).

Die **Einflüsse des Nervensystems** auf den Lymphstrom sind wenig bekannt. Selbstverständlich wirkt dasselbe auf die Muskeln, die Lymphgefässe, Lymphdrüsen, Blutgefässe des Herzens, die Hornhautkörperchen ein u. s. w.

Elektrische Reizung sensibler Nerven erhöht den Lymphstrom (Krause); Reizung des Trigeminus ändert die Kammerwassersecretion (Grünhagen, Jesner); Chordareizung bedingt Lymphödem der Submaxillardrüse (Gianuzzi) und Lymphüberfluthung der Zunge (Cohnheim, Heidenhain).

Die Aufsaugungsfähigkeit der Gewebe und Organe.

Die Absorptionsfähigkeit der Gewebe und Organe richtet sich, abgesehen von der gesammten baulichen Einrichtung, wesentlich nach ihrem Gehalte an Gefässen und nach dem Vorhandensein und der Anordnung eines Saftkanalsystems. Das Bindegewebe absorbirt gut und rasch und zwar um so besser und schneller, je reicher dasselbe an Gefässen ist und je lockerer es gebaut ist. Auch im Knochengewebe und im Knochenmark finden die Aufsaugungsvorgänge lebhaft statt (Curare, ins Knochenmark gebracht, tödtete ein Kaninchen in 15 Minuten). Das Knorpelgewebe absorbirt langsam. In den Muskeln und Nerven laufen wegen des Reichthums dieser Organe an Bindegewebe und Safträumen die Aufsaugungsvorgänge lebhaft ab. Beim Epithelgewebe entscheidet die Beschaffenheit der Kittsubstanz und der Zellen und die Schichtung der letzteren über die Durchgängigkeit und das Absorptionsvermögen des Gewebes. Durch das zwischen den Zellen liegende Kittsubstanznetz dringen die imbibirten Substanzen in die Blut- und Lymphgefässe ein. Ist die Kittsubstanz eingetrocknet und verhornt, wie dies in den oberflächlichsten Lagen des mehrschichtigen Plattenepithels oft der Fall ist, dann findet das Ein- und Durchdringen von Flüssigkeiten nur langsam oder gar nicht statt. In

diesem Falle sind nur die tieferen, mit flüssigem Kitt versehenen Zellschichten für die Absorption geeignet, während die oberflächlichen für die Transsudation, Resorption und Absorption ungeeignet sind.

1. **Die äussere Haut** (Treviranus, Edwards, Spallanzani, Nasse u. A.). Bezüglich der Absorptionsfähigkeit der äusseren Haut besteht eine grosse Verschiedenheit in Bezug auf die einzelnen Schichten derselben. a) Die Oberhaut besitzt in der Tiefe ein mit flüssigem Kitt gefülltes Saftkanalsystem, das mit dem Blutgefässsystem und mit dem Lymphgefässsystem communicirt, wodurch diese tieferen Epidermisschichten für die normale Transsudation und die Aufsaugung sehr geeignet gemacht werden. Die oberen Epidermisschichten besitzen einen eingetrockneten und verhornten Kitt und verhornte Zellen. Ausserdem ist die Oberfläche der Epidermis mit einem Fettüberzug versehen. Die oberen Schichten sind also für Flüssigkeiten undurchlässig.

Wässerige Flüssigkeiten, die auf die unverletzte Oberhaut kommen, werden nicht oder ausserordentlich langsam, solche, die in das Stratum mucosum eindringen, dagegen schnell aufgesaugt. Gase und flüchtige Substanzen (Jod, Quecksilber, Chloroform, Aether) spirituöse Flüssigkeiten, fettige und ölige Massen, Substanzen, die sich mit Fett mischen oder Fett auflösen, ätherische Oele, Seifen und die in diesen Flüssigkeiten gelösten und mit ihnen vermischten Stoffe gehen durch die Oberhaut durch und sind demnach absorbirbar. Sie dringen wohl grösstentheils in die Ausführungsgänge der Hautdrüsen und in die Haarbälge ein, vermischen sich mit dem dort vorhandenen Fett oder lösen dieses auf und werden von hieraus aufgesaugt. — Transsudate, die in die tieferen Epidermisschichten gelangen, sind der Absorption zugänglich.

Die über die Durchgängigkeit der unverletzten Epidermis (also der Hornschicht) angestellten zahlreichen Versuche haben nicht ganz übereinstimmende Resultate ergeben (Krause, Fleischer, Röhrig, v. Wittich, Kletzinsky, Ritter, Chrzonzewsky, Colin u. A.). Während Röhrig feststellte, dass zerstäubte Flüssigkeiten mit den darin vertheilten Stoffen (Kaliumeisencyanür, Morphium, Curare, Digitalin, Jodkalium) von der unverletzten Haut aufgenommen wurden, hatte v. Wittich, abgesehen von Jodkalium, negative Resultate bei solchen Versuchen. Chřzonzewsky fand, dass Nicotin, Strychnin und Digitalin von der Haut aus giftig wirkten; Lehmann, Kletzinsky, Ritter fanden dagegen, dass verschiedene von ihnen angewendete Mittel (Blutlaugensalz, reines Jodkalium) nicht von der Haut resorbirt wurden. v. Wittich sah Schwefelcyankalium durch die Haut diffundiren, ebenso Kochsalz. Es dauerte aber lange (2—3 Tage) bis das Kochsalz durch die Haut diffundirt war. Die Imbibitionsfähigkeit der Epidermis für Kochsalzlösungen ist sicher festgestellt worden. Das imbibirte Chlornatrium wirkt wasserentziehend auf die Epidermis und dadurch reizend auf die daselbst vorhandenen Nervenenden und hierdurch reflectorisch anregend auf den Stoffwechsel. Leicht flüssige Massen scheinen durch die präformirten Wege der Epidermis langsam hindurchtreten zu können, schwerflüssige nicht. Dadurch, dass sich die obersten Schichten der Epidermis imbibiren, quellen die Zellen auf und werden die Intercellularwege enger oder ganz geschlossen.

Ueber diese Fragen und über das Aufsaugungsvermögen des Integuments überhaupt habe ich mich genauer in meinem Lehrbuche über die allgemeine Therapie (Hirschwald, Berlin) und in einem Vortrage über die Physiologie der Haut (Dege, Jena) ausgesprochen. (s. auch Kapitel Haut.)

b) Das Corium besitzt ein gutes Aufsaugungsvermögen. Flüssige

Arzneimittel, die in das Corium oder auf die von der Epidermis entblösste Oberfläche oder auf Wundflächen der Haut gebracht werden, gelangen rasch und reichlich in den Säftekreislauf. c) Die Subcutis resorbirt noch besser als das Corium und gehört zu den am lebhaftesten resorbirenden Organen des Körpers. Es liegt dies in ihrem lockeren Bau und in ihrem Reichthum an Saftspalten, Saftkanälen und Interstitiallücken begründet.

2. **Die serösen und synovialen Häute** (Pleura, Pericardium, Peritonäum, Tunica vaginalis testis, Arachnoidea, Synovialmembranen, Gelenkhöhlen, Schleimbeutel). Diese Häute, welche sehr zart sind, ein dünnes, durchgängiges Epithel mit Stomata und ein dichtes Blut- und Lymphgefäss- resp- Spaltennetz dicht unter dem Endothel besitzen, resorbiren sehr lebhaft.

Wir sehen Extravasate und Exsudate, die auf solchen Häuten liegen, oft rapid verschwinden; ebenso Arzneimittel (Strychnin, Oxalsäure, Soda, Opium, Potasche), die auf dieselben gebracht werden. Fette sollen nach Emmert und Segalas nicht resorbirt werden. Cyankalium fand man nach 6 Minuten im Harn. Es werden aber auch corpusculäre Elemente (z. B. Zinnober-, Kohlenpartikelchen, Blutkörperchen) von diesen Häuten aus in die Säftebahn des Körpers übergeführt.

3. **Die Schleimhäute.** Die Ab- und Resorptionsfähigkeit dieser Häute ist für Stoffe, die auf ihre Oberfläche gebracht werden, je nach dem Bau des Epithels sehr verschieden. Die Propria mucosae und die Submucosa resorbiren bei allen Schleimhäuten gut, bei manchen der locker gebauten allerdings besser als bei den fest gebauten.

Die Oberflächenabsorption verhält sich wie folgt: Die cutanen Schleimhäute absorbiren, da sie mit mehrschichtigem Plattenepithel bedeckt und derber gebaut sind, durchgängig bedeutend schlechter als die Drüsenschleimhäute, aber besser als die äussere Haut. Letzteres deshalb, weil ihr Epithel durchgängiger ist als das des Integumentes, d. h. weil der die oberflächlichen Zellen verbindende Kitt bei vielen cutanen Schleimhäuten gar nicht, bei anderen nur in wenigen Zellschichten eintrocknet und verhornt.

Die Schleimhaut des Vorderdarms (des Mundes des Schlundes, der Vormägen) resorbirt langsam und nur leicht diffusible Substanzen.

Die Conjunctiva des Auges resorbirt bedeutend besser, weil die Kittmasse ihres Epithels nicht verhornt und nicht eingetrocknet ist. Physostigmin, Atropin, Strychnin werden von der Conjunctiva sehr rasch, Curare und Schlangengift dagegen sehr langsam aufgenommen.

Die Präputialhaut, die Haut des äusseren Gehörganges, die Schleimhaut der Vagina resorbiren langsam. Ferrocyankalium, in die Vagina gebracht, wurde nach mehreren Stunden in Spuren im Urin gefunden (Demarquay, Colin).

Die mit einem weichen und dünnen und durchlässigen Epithel bekleideten Drüsenschleimhäute, z. B. die Nasen-, Rachen-, Tracheal-, Bronchial-, Darm-, Magen-, Uterus- und Tubenschleimhaut, absorbiren durchgängig gut, z. Th. vorzüglich.

Ueber die Schleimhäute des Verdauungs- und Respirationsapparates s. unten. Die Uterusschleimhaut saugt rasch und viel auf, sodass Gifte, die in den Uterus eingebracht werden, rasch heftige Vergiftungserscheinungen hervorrufen.

Die Schleimhaut des Harnapparates absorbirt ziemlich gut; Harn, welcher daselbst einige Zeit verbleibt, wird concentrirter. Strychnin, in die Harnblase eingebracht, ruft Vergiftung hervor (Segalas), Curare dagegen nicht (Cl. Bernard).

Die Innenhäute anderer Drüsenausführungsgänge absorbiren durchgängig ziemlich gut. Bei Stauungen des Speichels in den Speichelgängen bleibt nur der Schleim zurück, während das Wasser mit den gelösten Salzen verschwindet. Jodkalium und Ferrocyankalium findet man bald im Harn, wenn es in Speichelgänge eingebracht wird. Strychnin und Curare rufen von da aus Vergiftungen hervor. Aehnlich wie die Speichelgänge verhalten sich auch die Gallen- und Milchgänge.

4. **Der Respirationsapparat.** Die innere Oberfläche der Lungen ist für die Aufsaugung so vorzüglich eingerichtet, dass von ihr aus lebhafter, rascher und massenhafter resorbirt wird als von irgend einer anderen Körperstelle (Wasbutzky, Goodwin, Segalas, Mayer, Gohier, Lelong, Perosino, Delaford, Levi, Colin u. A.). Dies findet seinen Grund in dem ausserordentlich zarten und dünnen Epithel, in der weichen Kittmasse und den zahlreichen Stomata desselben, dem Reichthum an Blut- und Lymphcapillaren der Alveolen und Alveolengänge, in der enormen Grösse der inneren Lungenfläche, in der Saug- und Druckwirkung, welche das Pumpen des Thorax und der Lungen bei der Athmung auf die Alveolen, die gewissermassen als Lymphräume (Lymphgefässanfänge) zu betrachten sind, ausüben, in der sonstigen Wirkung der Athmung auf die Blut- und Lymphcirculation der Lungen u. dergl.

Der Respirationsapparat resorbirt nicht nur Flüssigkeiten, sondern auch corpusculäre Elemente und vielleicht auch Fette und Oele (Levi). Die Schnelligkeit und Massenhaftigkeit der hier stattfindenden Absorption erhellt aus der Thatsache, dass bei einem Pferde in 22 Minuten 16 *l* Wasser, die in die Trachea einflossen, resorbirt wurden (das Nähern siehe in meinem Lehrbuche der allgemeinen Therapie). Alkohol, Terpentinöl, gelöste Salze u. dergl. werden sehr rasch aufgesaugt. Beim Einbringen von Giften in den Respirationsapparat (z. B. durch einen zwischen zwei Rippen hindurch in die Lungen gemachten Einstich) tritt die Vergiftung rapid ein. Verschiedene Stoffe, Ferrocyankalium, Cuprum ammoniatum, Ferrum sulfuricum fand man nach 2, höchstens nach 5 Minuten im Blute Strychnin wirkt von der Lunge aus rascher als vom Magen aus. Auch Curare und flüchtige Ansteckungsstoffe werden von hier aus leicht resorbirt. Das Resorbirte gelangt rascher als von irgend einem anderen Körperorgane (excl. Herz) in und durch den grossen Kreislauf, weil bei allen anderen Organen das Resorbirte, nachdem es durch die Venen zum Herzen gelangt ist, erst den kleinen Kreislauf und eventuell vorher auch den Pfortaderkreislauf durchlaufen muss, ehe es in den arteriellen Theil des grossen Kreislaufs kommt.

Nicht nur die Alveolen, sondern auch die Bronchial- und Trachealschleimhaut resorbiren vorzüglich. Auch die Nasenschleimhaut besitzt ein gutes, wenn auch geringeres Absorptionsvermögen als die genannten Häute.

B. Aufsaugung aus den Geweben. (Resorption.) Lymphe.

Aus den S. 605 ff. angestellten Betrachtungen ergiebt sich sowohl, was wir unter Resorption im engeren Sinne verstehen, als auch, dass diese von den Venen und den Lymphgefässen stattfindet, und dass sie

die nothwendige Folge der Transsudationen und Secretionen ist (siehe S. 333 ff.). Für die Gewebsaufsaugung ist Alles im vorhergehenden Kapitel »über die Aufsaugung im Allgemeinen« Gesagte zutreffend, sodass weitere Ausführungen überflüssig erscheinen.

Die Lymphe.

Eigenschaften. Als Lymphe im engeren Sinne bezeichnet man die in den Lymphgefässen des Körpers enthaltene Flüssigkeit Im Ductus thoracicus und in den im Gekröse verlaufenden Lymphgefässen des Verdauungskanales ist dieselbe mit Chylus (s. u.) gemischt. Die reine, unvermischte Lymphe gewinnt man in grösseren Mengen aus dem Ductus thoracicus hungernder oder aus den Trunci tracheales, speciell dem Truncus trachealis dexter anderer Thiere. Natürlich liefern auch die Lymphgefässe der Gliedmassen und die Hoden, Nieren und andere Organe (Tomsa, Paschutin, Emminghaus) reine Lymphe.

Die Lymphe lässt gewisse Verschiedenheiten erkennen, je nach den Körpertheilen, aus denen sie herstammt, je nach deren Circulationsverhältnissen, je nachdem, ob die Lymphe viel oder wenig Lymphdrüsen und cytogene Organe passirt hat und je nach den gesundheitlichen und sonstigen Verhältnissen des Thieres (Fütterung, Bewegung, Ruhe, Futterart u. s. w.). Im Allgemeinen stellt sie eine klare, durchsichtige, hellgelbe bis citronengelb gefärbte, schwach salzig schmeckende, geruchlose, alkalische Flüssigkeit von einem mittleren specifischen Gewichte von 1,02 bis 1,04 dar. Sie besteht wie das Blut aus einer Flüssigkeit, dem Lymphplasma, und aus den in demselben suspendirten körperlichen Elementen.

An **körperlichen Elementen** findet man in der Lymphe die Lymphkörperchen (Leucocyten), wenig Fetttröpfchen und andere sogenannte Elementarkörnchen (s. I. Theil, Histologie S. 127). Die Leucocyten sind in der Lymphe um so reichlicher vertreten, je mehr Lymphdrüsen und cytogenes Gewebe die betreffende Lymphe durchlaufen hat; niemals aber sind sie in so reicher Zahl vorhanden wie die Erythrocyten im Blute (Ritter zählte in 1 *ccm* Lymphe 8200 Zellen). Sie bewegen sich wegen des geringen O-Gehaltes der Lymphe, im Gegensatz zu den Leucocyten des Blutes, wenig oder gar nicht. Ausser den Leucocyten findet man auch Erythrocyten in ganz geringer Menge in den grossen Lymphräumen. Sie kommen am reichlichsten im Duct. thoracicus vor (besonders in der Nähe der Ausmündung desselben in das Venensystem). Fetttröpfchen trifft man fast nur in dem Ductus thoracicus und den vom Darm kommenden Lymphgefässen; ihre Zahl wechselt nach der Nahrung der Thiere und der Verdauungszeit. Die reine Lymphe unterscheidet sich vom Chylus wesentlich durch ihren Fettmangel.

Das **Lymphplasma** enthält Fibringeneratoren und besitzt sonach spontanes Gerinnungsvermögen, eine Thatsache, wodurch sich die Lymphe von den serösen Flüssigkeiten und dem Parenchymsaft unter-

scheidet. Die Lymphgerinnung erfolgt in der Regel nur ausserhalb der Gefässe, nicht innerhalb derselben, selbst nicht post mortem und nicht bei Gefässunterbindungen intra vitam. Sie tritt langsamer ein als die Blutgerinnung und bildet einen weicheren gallertigen Kuchen, der sich nur wenig contrahirt und demnach nur wenig Serum auspresst. Bei künstlichem Auspressen des Lymphkuchens hat man dagegen z. B. aus 1000 Theilen Lymphe eines Fohlens 955,17 Theile Serum und 44,83 Kuchen erhalten (C. Schmidt). Ueber den Gerinnungsvorgang und seine Ursachen siehe das Kapitel Blutgerinnung.

Die chemischen Bestandtheile der Lymphe. Abgesehen von zufälligen Bestandtheilen enthält die Lymphe, ebenso wie die serösen Flüssigkeiten, dieselben chemischen Bestandtheile, wenn auch in anderen Mengenverhältnissen, wie das Blut. An Wasser und Salzen ist die stark alkalisch reagirende Lymphe reicher als das Blut, während sie andere Bestandtheile, namentlich Eiweiss (um ca. 2 pCt.) in geringerer Menge enthält. Da die Lymphe im Wesentlichen ein Blutfiltrat ist, so erklärt sich ihr geringerer Eiweissgehalt leicht aus der schwereren Filtrirbarkeit des Eiweisses (Valentin). Beim Filtriren des Blutes durch die Gefässwand bleibt ca. die Hälfte seines Eiweisses und $^2/_3$ der Fibringeneratoren in den Blutgefässen zurück.

Die Lymphe enthält Zucker (Poiseuille, Lefort, Colin, Chauveau, Krause), Fette, Fettsäuren, Seifen, Harnstoff (bis 0,12, selbst 0,19, Würtz, Poiseuille, Gabley), Lecithin, Cerebrin, Paraglobulin, Cholesterin, Nucleïn, Glygogen (in den Zellen, Miescher), die Blutsalze, unter Umständen Pepton und Hemialbumose u. s. w. Der Gehalt an Fett, Fettsäuren und Seifen schwankt je nach dem Herkommen der Lymphe ungemein; die Lymphe der Hals- und Schenkelgefässe enthält bedeutend weniger davon als die des Ductus thoracicus. Rees, C. Schmidt, Nasse fanden 2—5 pro Mille, Zawilsky und Ludwig dagegen 8, ja einmal 15 pro Mille. Clement fand vor der Verdauung 0,079, nach der Verdauung 4,448 Fett.

An Gasen wurden in der Lymphe CO_2 und N und Spuren oder gar kein O gefunden (Hammarsten, Pflüger, Strassburger, Tschiriew, Buchner).

In 1000 Theilen Lymphe waren 30—45 *ccm* Gase, davon 0,016 O, 0,9—1,6 N und das übrige CO_2 enthalten. Hensen und Dähnhardt stellten sogar einmal 70 Vol.-pCt. CO_2, fest. Nach Hammarsten und Ludwig ist die CO_2 gebunden. Von 40,32 Vol.-pCt. waren 17,06 auskochbar und 23,26 durch Säuren zu gewinnen. Vom Kohlensäuregehalt des Blutes ist der der Lymphe unabhängig (Buchner). Während bei Suffocationen die CO_2 im Blute enorm ansteigt, sinkt sie in der Lymphe. Normaliter aber findet man in der Lymphe ähnliche Verhältnisse der Gase wie im Blutplasma. Der CO_2gehalt der Lymphe ist in der Regel grösser als im arteriellen und geringer als im venösen Blute.

Analysen. Dieselben beziehen sich zum Theil auf reine Lymphe wie sie Tomsa, Paschutin, Emmin'ghaus, Emmert und viele Andere studirten, z. Th. aber auch auf den Inhalt des Milchbrustganges, der ein Gemisch von Chylus und Lymphe darstellt.

In der Flüssigkeit des Milchbrustganges schwankte der Gehalt an Wasser von 902,0—964,0 (Simon, C. Schmidt, Gmelin, Rees und Colin). Die Flüssigkeit

der Lendencysterne enthielt 960,0—964,3 Wasser und 35,70—40,0 feste Stoffe (Emmert, Gmelin).

Im truncus trachealis fand man 925,0—963,33 Wasser und 36,07—75,00 feste Bestandtheile (C. Schmidt und Leuret und Lassaigne) und in der Fusslymphe 965,36—983,70 und 16,3—34,64 feste Bestandtheile (Geiger, Rees); die Oberschenkellymphe enthielt 985,3—987,7 und 12,3—14,7 feste Stoffe (Hensen und Dähnhardt). — Ueber die Lymphe der verschiedenen Thiere sei Folgendes angegeben. Die menschliche Lymphe enthielt 924—986 pro Mille (Gubler, Quevenne, Marchand, Collberg, Scherer, H. Nasse, Hensen, Dähnhardt), die Pferdelymphe 925—961 (Lassaigne, Tiedemann und Gmelin, Würtz), 955,36—963,93 (S. Schmidt), die Hundelymphe 926,40 (Chevreuil) bis 958 pro Mille (Nasse, beim Hungern 954,68, bei Fleischnahrung 953,70, bei Pflanzennahrung 958,20), die des Esels 965,36 (Rees), die von Stieren und Kühen 938—956 (Würtz) Wasser. Der Eiweiss- incl. Fibringehalt wurde auf 2,6 (Hensen und Dähnhardt) bis 61 pro Mille, der Gehalt an Extractivstoffen auf 3—16, an Faserstoffen auf 1—5, an Fetten auf Spuren bis 15, an löslichen Salzen auf 5—16 pro Mille bestimmt. Die Schwankungen in der Zusammensetzung der Lymphe sind also sehr bedeutend. Der Wassergehalt steigt und sinkt mit dem des Blutes. Zieht man das Mittel aus den bekanntesten Analysen, dann erhält man 944 Wasser, 3 Fibrin, 42—43 Eiweiss, 1—2 Fett, 9 Salze.

Die Salze der Lymphe sind von C. Schmidt bestimmt worden (in der Lymphe aus dem duct. trach. dexter vom Pferd). Er fand in 1000 Th. Lymphe ClNa 5,43 (5,67), Natron 1,50 (1,27), Kali 0,03 (0,16), Schwefelsäure 0,03 (0,09), Phosphorsäure 0,02 (0,02), phosphors. Erden 0,22 (0,26).

Hensen und Dähnhardt fanden in 100 Th. Lymphasche: ClNa 74,78, Natron 10,36, Kali 3,26, Kalk 0,98, Magnesia 0,27, Phosphorsäure 1,09, Schwefelsäure 1,28, CO_2 8,21, Eisenoxyd 0,06. In den Zellen fand man mehr Kali und Phosphorsäure, im Serum mehr ClNa.

Die Lymphzellen enthalten ausser gequollenen Eiweisskörpern lösliches Paraglobulin, Lecithin, Cerebrin, Cholesterin, Fett, Glycogen, Salze (besonders Kalisalze) und phosphors. Nuclein (im Kern).

Das Lymphserum enthält alle Bestandtheile des Lymphplasma mit Ausnahme der Fibringeneratoren. C. Schmidt fand in demselben: Albumin 30,50, Fette und fette Säuren 1,17, andere organische Stoffe 1,69 $^0/_{00}$.

Die Mengenverhältnisse der Lymphe. Die Menge der Lymphe, die von einem Körpertheile oder von dem ganzen Thierkörper in einem bestimmten Zeitraum gebildet und in das Blut ergossen wird, hängt von sehr verschiedenen Umständen ab, namentlich aber von den Circulationsverhätnissen (Weiss), vom Blut- und Gewebsdruck, von etwaigen Blutströmungen, von der Blutbeschaffenheit, von der Wasseraufnahme des Thieres, von dem Blutzufluss und der Lebhaftigkeit des Ablaufs der Functionen der Organe u. s. w.

Jede Erhöhung des Blutdruckes durch Venenunterbindung oder -verengerung (Bidder, Emminghaus, Thomas, Nasse), jede Vermehrung des arteriellen Zuflusses, Lähmung der Vasomotoren (Ludwig), Reizung der Vasodilatatoren (Gianuzzi), Vermehrung der Blutmenge (Infusionen, Transfusion), Entzündungen (Lassar), Curareinjectionen (Lesser, Paschutin) steigert die Menge und Blutdruckerhöhung auch den Eiweissgehalt der Lymphe. Unterbindung beider Iugulares bedingte eine Vermehrung der Lymphmenge von Kopf und Hals um das Doppelte.

Merkwürdiger Weise scheint aber, der Lehre des Herophilus und Erasistratus entgegen, die Lymphbildung von der Verdauung unabhängig zu sein. Man fand bei hungernden Thieren in den Chylusgefässen ebensoviel Inhalt als bei verdauenden (Collard, de Martigny, Lesser). Einmal fand man sogar, dass ein verdauendes Thier weniger Lymphe lieferte als ein hungerndes (Ludwig, Lesser).

Von Nasse liegen allerdings Beobachtungen vor, wonach die Lymphbildung von der Nahrung abhängig ist. Nach Fleischfütterung lieferte der Halsstamm des Hundes 36 mal mehr Lymphe als nach Kartoffelfütterung und 54 mal mehr als nach 24 stündigem Hungern.

Bei Durchschneidung der Vasomotoren, d. h. bei lebhaftem Ueberströmen des Blutes aus den Arterien in die Venen sinkt die Lymphbildung.

Ob Erhöhung des arteriellen Blutdrucks an sich die Lymphmenge steigert, ist noch zweifelhaft (Paschutin, Chabbas). Jede Bewegung steigert den Lymphstrom und wahrscheinlich auch die Lymphmenge. Je besser der Blutabfluss durch die Venen erfolgt, je geringer ist die Lymphmenge. Thätigkeit der Organe (Drüsensecretion etc.) steigert den sonst langsamen Lymphstrom in ihnen bedeutend.

Die Lymphbildung hält nach dem Tode noch eine Zeitlang an; Durchströmen von ClNa-Lösung bringt die stockende wieder in Gang. Auch exstirpirte Organe liefern bei Blutdurchleitung Lymphe (Ludwig, Tomsa).

Es liegen zahlreiche Bestimmungen, sowohl über die Mengen der reinen Lymphe, die ein Körpertheil liefert, als über die durch den Ductus thoracicus dem Blute zugeführten, aus Lymphe und Chylus bestehenden Flüssigkeitsmengen vor (Ludwig, Krause, C. Schmidt, Weiss, Bidder, Colin, Lesser, Gubler, Duvesme, Paschutin, Genserich u. A.). Alle Forscher fanden die Lymphmenge enorm gross, Krause schätzt sie auf $^1/_4$—$^1/_3$ des Körpergewichts; Bidder und Schmidt nehmen an, dass in 24 Stunden so viel Lymphe in das Blut einströmt, als die gesammte Blutmenge beträgt.

Der Ductus thoracicus des Pferdes und Rindes liefert in 24 Stunden im Mittel 40—42 *kg*, unter Umständen aber beim Rinde auch nur 20 oder auch 95 *kg* Lymphe.

Der Truncus trachealis dexter lieferte beim Pferde nach Colin in 24 Stunden 384—2112, beim Ochsen 1440, beim Schafe 288, beim Hunde 216 *g*; er berechnet das Mittel auf 14 pCt. des Gewichtes von Kopf und Hals. Schmidt sammelte 145, Weiss 200 und Krause 348 *g* Lymphe pro Kilo von Kopf und Hals in 24 Stunden. Göbler und Duvesme erhielten aus der Schenkelfistel einer Frau in 24 Stunden 6 *kg*, während C. Schmidt die Lymph- und Chylusmenge des Menschen auf 6,13 *kg* pro 24 Stunden schätzt. Bidder fand in 24 Stunden die Lymphmenge des Ductus thoracicus der Katze gleich der Blutmenge und die des Hundes nur $^2/_3$ derselben. Nach C. Schmidt fliessen in 24 Stunden aus dem Duct. thorac. des Pferdes 59—74, nach Colin ca. 100, nach Weiss 84—98 *g*; bei saugenden Fohlen 185,5 *g* (Weiss) Lymphe pro Kilo Körpergewicht in das Blut.

Nutzen der Lymphbildung. Die Lymphgefässe sind in erster Linie Sammel- und Abführapparate, d. h. resorbirende Organe für abgesonderte seröse Flüssigkeiten, für ausgeschiedene und nicht verwendete Blutflüssigkeit, für Stoffwechselproducte, für verflüssigte, abgelebte Gewebstheile und für die von aussen in den Körper eingeführten, event. vorher

verdauten und veränderten Stoffe. Daneben aber dienen sie auch als Ernährungsröhren (Fortsätze der Blutgefässe) für gewisse Gewebe und Organe (Cornea, Knorpel) und als Reservoire für das Secretionsmaterial der Drüsen.

Die Gewebslücken und Saftbahnen führen den Gewebszellen das normale Bluttranssudat (die Lymphe) als Ernährungsflüssigkeit zu. Diese entnehmen derselben Alles, was sie zu ihrer Ernährung und Thätigkeit gebrauchen und geben das verbrauchte Material an sie ab. Die dem Blute zuströmende Lymphe liefert in Verbindung mit dem Chylus dem Blute nicht allein Ernährungsmaterial für die Gewebe, sondern auch die nöthigen Flüssigkeitsmengen, damit die Blutgefässe nicht leer werden und das Blut nicht eindickt. — Wie nothwendig dem Blute der Lymphzufluss ist, ergiebt sich aus der Thatsache, dass Thiere, bei denen man die Lymphe nach aussen leitet, bei bester Fütterung sterben.

Die Parenchymflüssigkeiten und die Lymphe spielen bei der Secretion eine grosse Rolle (Ludwig, Gianuzzi). Das Blut ergiesst seine flüssigen Bestandtheile in die periglandulären Lymphräume. Die Drüsenzellen benutzen diese Flüssigkeiten für ihre secretorische Thätigkeit. Sobald die Secretion erlischt, tritt in den betreffenden Körperstellen Oedembildung ein.

Herkunft der Lymphbestandtheile. Die Thatsache, dass die Lymphe ein Blutfiltrat ist, welches beim Durchgang durch die Gewebe einzelne Bestandtheile an diese abgiebt und andere, namentlich die Producte des Stoffwechsels, von ihnen erhält, erklärt die Herkunft der ungeformten Lymphbestandtheile zwanglos. Zu der Lymphe des Ductus thoracicus kommt noch der Chylus, welcher dem Darminhalte enstammt, hinzu.

In die Lymphe gelangen auch fremde Stoffe, die von aussen in den Thierkörper eingebracht werden, z. B. subcutan und intratracheal injicirte Arzneimittel und dergl.

Die Lymphzellen stammen wesentlich aus den Lymphdrüsen. was z. B. schon daraus ersichtlich ist, dass die Lymphe der vasa afferentia des Gekrösdrüsenpackets (Pancreas Aselli des Hundes) sehr wenig, fast keine, dass dagegen die der vasa efferentia viel Leucocyten enthält. Je mehr Lymphdrüsen die Lymphe durchlaufen hat, um so reicher ist sie an Leucocyten. Zum Theil entstammen die Lymphzellen aber auch den sog. peripheren (terminalen) Lymphfollikeln und den cytogenen Schleimhäuten und zum Theil sogar dem Blute und dem Bindegewebe (durch Theilung der mobilen und fixen Bindegewebszellen). Aus den Blutcapillaren emigriren Leucocyten, die daselbst wohl Theilungsvorgängen unterliegen, in die Gewebe; von hier aus können sie leicht in Lymphgefässe gelangen. Die leucocytogenen Organe sind auch als die Bildner der Fibringeneratoren anzusehen. Je mehr Lymphdrüsen die Lymphe durchlaufen hat, um so reicher ist sie an Eiweiss, an Leucocyten und Fibringeneratoren und um so fester und rascher gerinnt sie.

C. Aufsaugung aus dem Verdauungskanale (Absorption, Nährstoffabsorption).

Der in dem Verdauungskanale stattfindenden Absorption von Nährstoffen geht eine Reihe von Vorgängen voraus, die man als die Vor-

gänge der Verdauung bezeichnet. Deshalb theilen wir das Kapitel über die Nährstoffabsorption ein in die Lehre von der Verdauung und die Lehre von der Aufsaugung (Absorption der Nährstoffe).

Die Lehre von der Verdauung.

Von Ellenberger.

Einleitung. Die Verdauungsphysiologie umfasst die Lehre von allen denjenigen Verrichtungen des Körpers, durch welche die sog. Nahrungsmittel in den Verdauungsapparat aufgenommen und in diesem auf mechanische und chemische Weise derart umgewandelt werden, dass ihre wesentlichsten Bestandtheile, die Nährstoffe, in die circulirende Säftemasse des Körpers aufgenommen werden können. Der eigentliche Zweck der Verdauung ist demnach, die Nährstoffe absorbirbar zu machen.

Die sämmtlichen bei der Verdauung ablaufenden Vorgänge kann man in die grob mechanischen und in die physikalisch-chemischen trennen.

Die grobmechanischen Vorgänge bezwecken: Aufnahme der Nahrungsmittel, Zerkleinerung derselben, Durchmischung mit den Verdauungssäften, Fortleitung durch den Verdauungskanal, Entleerung des nicht Absorbirten.

Die physikalisch-chemischen Vorgänge bezwecken, wie erwähnt, das Absorbirbarmachen der Nährstoffe. Sie werden durch die Verdauungssäfte (s. S. 494ff.) bewirkt.

Alle in Wasser oder Salzlösungen löslichen und mit ihnen mischbaren und alle in ihnen in äusserst feinen Partikelchen suspendirten Körper sind aufsaugungsfähig. Von den vorne (S. 19ff.) beschriebenen Nährstoffen ist eine Anzahl direct löslich in Wasser (Zucker, gewisse albuminoide Körper), während andere sich gelöst in den Nahrungsmitteln vorfinden (die organischen Säuren, anorganische Salze) oder in resorbirbaren Partikelchen (mit Flüssigkeiten) verabreicht werden. Die meisten Nährstoffe aber (Eiweisskörper, Stärke, Leim und leimgebende Stoffe) sind unlöslich und werden von den Thieren in einem nicht resorbirbaren Zustande aufgenommen. Diese müssen der Verdauung unterliegen, damit sie in einen löslichen Zustand übergeführt werden.

Die Nährstoffe sind häufig derart in den Nahrungsmitteln enthalten, dass sie den lösenden und verdauenden Einwirkungen im Verdauungskanale erst nach einer vorausgegangenen Zerkleinerung der Nahrungsmittel durch den Kauprocess und durch andere mechanische Akte, oder durch Quellungs- und Macerationsprocesse oder durch Verdauung der Nährstoffhüllen zugänglich werden.

Die Veränderungen, welche die Nahrungsmittel im Verdauungskanale erleiden, sind im Wesentlichen folgende: 1. Sie werden zer-

kleinert, 2. ihre löslichen Nährstoffe werden durch das im Verdauungskanale vorhandene warme Wasser (resp. Salzlösungen) extrahirt. 3. ihre unlöslichen Nährstoffe werden in lösliche Modificationen umgewandelt und gelöst, 4. die schwer resorbirbaren und schwer diffusiblen Nährstoffe werden in leicht diffusible umgewandelt, 5. diejenigen Nährstoffe, welche durch die Verdauungssäfte weder gelöst noch in lösliche Modificationen umgewandelt werden können, werden in resorbirbare Partikelchen zerlegt. — Neben den eigentlichen Verdauungsprocessen laufen noch Macerations-, Gährungs- und Fäulnissprocesse ab.

Der Verdauung folgt die Absorption der Nährstoffe. Dadurch erhält das Blut neue Bestandtheile, welche der Körper als Kraft-, Bau- und Bildungsmaterial benutzen und durch welche er Kraft- und Stoffersatz leisten kann. Was nicht verdaut und nicht absorbirt wird, wird als Koth entleert.

Man kann den Begriff »Verdauung« weiter und enger fassen als dies vorstehend geschehen ist. Im engeren Sinne versteht man unter Verdauung nur diejenigen chemischen und fermentativen Vorgänge, durch welche die unlöslichen Nährstoffe löslich gemacht werden. Man scheidet alle mechanischen und physikalischen Vorgänge aus. In diesem Sinne ist es, wie dies vielfach geschehen ist, richtig, zu sagen: die Verdauung beruht nur in chemischen Vorgängen.

Im weiteren Sinne versteht man unter Verdauung nicht blos die Mechanik und Chemie der Verdauung, wie wir dies oben schilderten, sondern auch die in den Zellen stattfindende Umwandlung unlöslicher in lösliche Stoffe. Man unterscheidet dann zwischen einer interstitiellen Verdauung (Lösung unlöslicher Stoffe in Zellen und Eintreten der ersteren in den Säftestrom) und einer superficiellen Verdauung. Zur superficiellen Verdauung rechnet man die Verdauung im Darmkanal der Thiere und diejenige in gewissen Höhlen von Pflanzen (Drosera rotundifolia, Dionäa muscipula u. s. w.).

Im weitesten Sinne zählt man zu den Functionen der Verdauung nicht blos das Absorbirbarmachen, sondern auch das Assimilirbarmachen der Nährstoffe und deren Ueberführung in Ernährungsmaterial der Zellen.

In dem Sinne, in welchem wir die Verdauung definirt haben, hat die Verdauungslehre zu besprechen: 1. Die bei der Verdauung ablaufenden mechanischen Vorgänge (Mechanik der Verdauung) und die Dauer des Verweilens der Nahrungsmittel im Darmkanale und in seinen einzelnen Abschnitten. 2. Die Wirkungen der Verdauungssäfte. 3. Die Beschaffenheit des Magen- und Darminhalts und die im Magen und Darmkanale ablaufenden Verdauungs- und sonstigen Vorgänge. 4. Die Beschaffenheit des Kothes.

I. Die Mechanik der Verdauung.

Die Lehre von den mechanischen Verrichtungen der Verdauungsorgane beschäftigt sich mit a) der Aufnahme der Nahrung und der Beförderung derselben unter die Backzähne, b) dem Kauen und Einspeicheln derselben, c) dem Schlingprocess mit Einschluss der Bissenbildung, d) den Bewegungen des Magens incl. Erbrechen, e) den Bewegungen des Darmkanales, f) der Entleerung der Excremente, g) den Durchgangszeiten der Nahrung durch den Magendarmkanal.

1. Die Aufnahme der festen und flüssigen Nahrungsmittel. Ingestio.

Vorbemerkungen über die Organe der Mundhöhle: Die Schleimhaut der Mundhöhle ist gegen die Rauhigkeit der Nahrung durch die Derbheit ihres Baues, den mehrschichtigen, oberflächlich verhornten Epithelüberzug und einen schleimig-zähflüssigen Belag geschützt. Sie ist reich an Gefässen und Nerven. Die ersteren entstammen dem Carotidensystem, die letzteren wesentlich dem 5., 9. und 12. Nerven. Die Lippen besitzen je nach der Thierart einen verschiedenen Grad von Beweglichkeit und treten sowohl bei der Nahrungsaufnahme als bei dem Kauen und Schlingen in Thätigkeit. Sie besitzen einen hohen Grad von Empfindlichkeit und sind mit besonderen Nervenendapparaten und Fühlhaaren ausgerüstet, damit sie die Nahrung und deren fremde Beimengungen prüfen können. Die Backen schliessen die Mundhöhle seitlich ab und bringen beim Kauen das in das Vestibulum oris fallende Futter zwischen die Zähne oder verhindern das Herausfallen desselben. Die beim Rinde auf der Schleimhaut sitzenden, rachenwärts gerichteten Papillaren unterstützen den Futtertransport. Das Gaumensegel schliesst die Mundhöhle von der Rachenhöhle zu dem Zwecke ab, dass beim Kauen ungestört geathmet werden kann. Es ist sehr beweglich und kann seine Form und Lage leicht ändern. Beim Schlingen schliesst es die Choanen und Tuben und wirkt drückend und schiebend auf den Bissen. Der harte Gaumen unterstützt durch seine mit dem freien Rande rachenwärts gerichteten Staffeln die Nahrungsbeförderung gegen die Rachenhöhle hin. Die Schneide- und Hakenzähne dienen zum Ergreifen und Festhalten, die Backzähne zum Kauen der Nahrung. Die Zunge ist Geschmacks-, Gefühls- und Bewegungsorgan und durch einen hohen Grad von Beweglichkeit und einen bedeutenden Nervenreichthum ausgezeichnet. Sie tritt beim Sprechen des Menschen, bei der Aufnahme der Nahrung und beim Schlingen, sowohl als Bewegungs- wie als Geschmacks- und Gefühlsorgan in Thätigkeit. Die Zungen- und Zungenbeinmuskeln bewirken sowohl Gestalt- als Ortsveränderungen der Zunge, die im Ruhezustande vom Luftdruck in der Mundhöhle getragen wird. Jeder einzelne Zungenmuskel kann die verschiedensten Wirkungen entfalten, je nachdem diese oder jene Theile desselben in Action treten, und je nach den Muskeln, welche gleichzeitig mit ihm thätig werden. Ein und derselbe Muskel kann, je nachdem diese oder jene Theile desselben in Wirksamkeit treten, und je nach den Muskeln, die gleichzeitig mit ihm wirken, die verschiedensten Functionen entfalten. Beispiele: 1. Der Stylo-glossus kann die Zunge aufwärts, abwärts und seitwärts biegen, er kann die vorgestreckte Zunge zurückziehen, die Zungenränder an die Zähne oder den Gaumen pressen, die Nahrung unter die Zahnreihen befördern oder zwischen denselben festhalten, den Zungenrücken hohl (concav) machen u. s. w. 2. Wirkt der Genio-glossus mit dem Stylo-glossus zusammen, dann wird die Zunge unter gleichzeitigem Auf-, Seit- oder Abwärtskrümmen aus dem Munde herausgestreckt. Wirkt er mit den Erhebern des Zungenbeines, dann unterstützt er das Erheben des Zungengrundes durch Senkrechtstellen der kleinen Zungenbeinäste; wirkt er mit dem Sterno-hyoideus zusammen, dann hilft er den Zungengrund herabziehen, wirkt er gleichzeitig mit dem Lingualis, dann entsteht eine Längsrinne in der Zungenmitte u. s. w.

Bei der Nahrungsaufnahme werden die Lippen, die Zunge, die Zähne und unter Umständen auch die vorderen Extremitäten und zwar je nach der Thierart, nach der Art der Nahrung (ob dieselbe flüssig oder fest ist, zubereitet oder nicht etc.), nach der Form der Verabreichung u. s. w. in verschiedener Weise gebraucht.

Von unseren Haussäugethieren benutzen die Einhufer, das Schaf und die Ziege vorzugsweise die Lippen und die Schneidezähne, die Rinder die Zunge, die Schweine die Zunge und die Zähne, die Fleischfresser die Schneide- und die Eckzähne und unter Umständen auch die Vorderextremitäten und Backzähne. Vor der Aufnahme pflegen die Thiere die Nahrung durch den Geruch und während derselben durch den Geschmack näher zu prüfen.

A. Aufnahme fester und breiiger Nahrungsmittel. a) **Bei Pferden.** Beim Grasen auf der Weide setzen die Pferde, um die Lippen durch Beugung des Halses etc. mit den Pflanzen in Berührung bringen zu können, ein Vorderbein etwas vor und beugen dasselbe. Zur Ergreifung des Grases öffnen sie die Lippen- und Kieferspalte, umgreifen das Gras mit den Lippen und den Schneidezähnen und schliessen nun beide Spalten fest. Dadurch wird das Gras mit den Lippenrändern und den Schneidezähnen erfasst und zum Theil durch die Schneidezähne abgekniffen. Indem die Pferde den Kopf mit einem leichten Ruck zurück oder seitlich bewegen, reissen sie das nicht abgekniffene Gras ab, welches nunmehr von der Zunge erfasst und zwischen die Backzahnreihen befördert wird. Bei der Aufnahme von vorgelegten Körnern, Häcksel, Heu u. dergl. finden natürlich andere Kopf- und Hals- resp. Körperbewegungen statt; auch kommen die Schneidezähne, da sie nicht zum Abkneifen benutzt werden, nicht oder nur wenig in Gebrauch.

Hier sind es nur die Lippen und als Hülfsorgan die Zunge, welche die Nahrung ergreifen und in die Mundhöhle führen. Die Lippen werden unter Oeffnung der Spalte vor- oder seitwärts geführt, um die Nahrung zu erfassen, dann folgt der Schluss der Lippen mit Rückwärtsführen gegen die Schneidezahnspalte, woselbst die Zunge das Erfasste in Empfang nimmt. Die Lippen sind zur Nahrungsaufnahme beim Pferde unbedingt nothwendig, wovon man sich überzeugen kann durch Beobachtung von Thieren, deren Lippen gelähmt sind. Diese Thiere versuchen zwar die Nahrung mit den Schneidezähnen aufzunehmen, sie lassen dabei aber den grössten Theil des Erfassten wieder fallen.

Breiige Nahrungsmittel werden mit den Lippen und der Zunge aufgeleckt.

b) **Das Schaf** und **die Ziege** nehmen die Nahrung in ähnlicher Weise wie das Pferd auf, gebrauchen dabei aber die Zunge mehr als dieses Thier.

c) **Das Rind** benutzt zur Nahrungsaufnahme wesentlich die lange, sehr bewegliche Zunge und nur wenig die dicken, kurzen, wenig beweglichen Lippen. Beim Weiden (Grasen) fällt beim Rinde das Vorsetzen des Vorderfusses weg, weil der Hals desselben im Verhältniss zu den Beinen lang ist. Es öffnet das Maul, streckt die Zunge hervor, erfasst mit dieser die Pflanzentheile und führt sie in die Mundhöhle. Das Erfassen geschieht in der Weise, dass die Zunge sich um das Gras so herumschlägt, dass die rauhe, dorsale, mit Hornüberzug und scharfen, rachenwärts gerichteten Warzen versehene Zungenfläche

die Pflanzentheile berührt. Das mit der Zunge erfasste und in die Mundhöhle gezogene Gras wird zum Theil durch festes Andrücken der Schneidezähne gegen die Dentalplatte des Zwischenkiefers abgekniffen und zum Theil durch ruckweises Vorwärtsschieben und Erheben des Kopfes abgerissen. In dieser Weise können lange Pflanzen bequem aufgenommen werden. Bei kurzem Gras, das nur mit Mühe von Rindern abgeweidet werden kann, benutzen dieselben auch die Lippen und die Schneidezähne. — Vorgelegtes Heu wird mit der Zunge so, wie beschrieben, aufgenommen. Kurzer Häcksel, Körner u. dergl. Futter kann auch mit den Lippen erfasst werden. Breiige Substanzen werden mit der Zunge aufgeleckt.

d) **Das Schwein** erfasst die Nahrung mit der Zunge; die festsitzenden Pflanzen beisst es, nachdem es deren freie Theile in die Mundhöhle geführt hat, mit den mittleren Schneidezähnen ab. Zum Theil wird das Gras auch durch einen Ruck des Kopfes abgerissen.

Würmer, Wurzeln, Insektenlarven und dergl. sucht das Schwein im Boden durch Durchwühlen desselben mit seinem sehr empfindlichen Rüssel.

e) **Die Fleischfresser** erfassen die Nahrung unter geringer Benutzung der wenig beweglichen Lippen mit den Schneide- und spitzen Hakenzähnen und reissen oder beissen Stücke ab, welche die Zunge in die Mundhöhle führt. Bei der Aufnahme von Knochen werden zum Abbeissen gewöhnlich die Backzähne benutzt. Die Fleischfresser brauchen bei der Nahrungsaufnahme öfter auch die Schulterextremitäten, indem sie mit diesen die Gegenstände, von denen sie Stücke abbeissen, festhalten. Bei der Aufnahme breiiger und flüssiger Nahrung nehmen sie die Zunge zu Hülfe.

Muskelthätigkeit bei der Nahrungsaufuahme (s. Fig. 57). Das Vorführen der Lippen geschieht durch beiderseitige Wirkung der Incisivi mit Unterstützung der unteren Abtheilung der Wangenmuskeln, welche die Mundwinkel herabzieht. Die Oeffnung der Lippenspalte bewirken unter Erschlaffung des Orbicularis die Levatores labii sup. und die Depressores labii inf. Bei seitwärts liegender Nahrung wirken dieselben Muskeln einer Seite, wozu noch der Risorius Santorini und der Lev. lab. sup. et alae nasi der betreffenden Seite kommt; der Schluss der Lippen und ihr Zurückführen an die Schneidezähne kommt durch den Orbicularis oris und die Incisivi zu Stande. Das Zurückführen der Lippen geschieht bei gleichzeitiger Feststellung der Wangen und der Lippenwinkel durch die Wangenmuskeln. Das Vorführen der Zunge und ihr Herausstrecken aus dem Maule erfolgt (unter gleichzeitigem Niederziehen des Zungenbeins) durch den Genio-hyoideus und Genio-glossus. Das Erfassen des Futters durch Seitwärtsschlagen der Zunge geschieht beim Rinde durch einseitige, energische Wirkung des Stylo-glossus und der Längsfasern des Lingualis in Verbindung mit der Wirkung der beiden vorgenannten Muskeln. Das Zurückführen der Zunge mit dem erfassten Futter erfolgt durch den Hyo-glossus (Baseo-glossus), den Lingualis superficialis und beiderseitige Wirkung des Stylo-glossus. Der letztgenannte Muskel befördert auch mit dem Lingualis vereint das Futter unter die Zähne. Wird die Zunge verschmälert, so geschieht dies durch die Querfasern des Lingualis, während ihre Verbreiterung durch die Verticalfasern des Lingualis und beiderseitige Wirkung des Mylo- und Stylo-glossus erfolgt; ihr Grund wird verbreitert durch die aborale Portion des Mylo-

hyoideus. Sie wird gewölbt (convex) durch Niederziehen ihrer Ränder durch den **Stylo-glossus** und durch Querfasern des **Lingualis** u. s. w.

Das Abkneifen des Futters mit den Schneidezähnen (Herbivoren) und das Abreissen mit den Haken- und Backzähnen (Carnivoren) geschieht durch Wirkung der Kaumuskeln (siehe unter »Kauen«). Der Unterkiefer vollzieht dabei die Bewegungen des Beissens, indem die Kaumuskeln beiderseitig wirken. Beim Abreissen der Futtertheile sind Muskeln des Halses und Kopfes thätig.

B. Die Getränkaufnahme. Die **Pferde** saugen die Flüssigkeiten ein. Sie setzen, nachdem der Unterkiefer vom Oberkiefer etwas abgezogen und durch eine Exspiration die Luft aus Mund- und Rachenhöhle möglichst enfernt worden ist, die Lippen bei festgeschlossener und durch Herabziehen der Lippenwinkel verkürzter Spalte auf die Flüssigkeit,

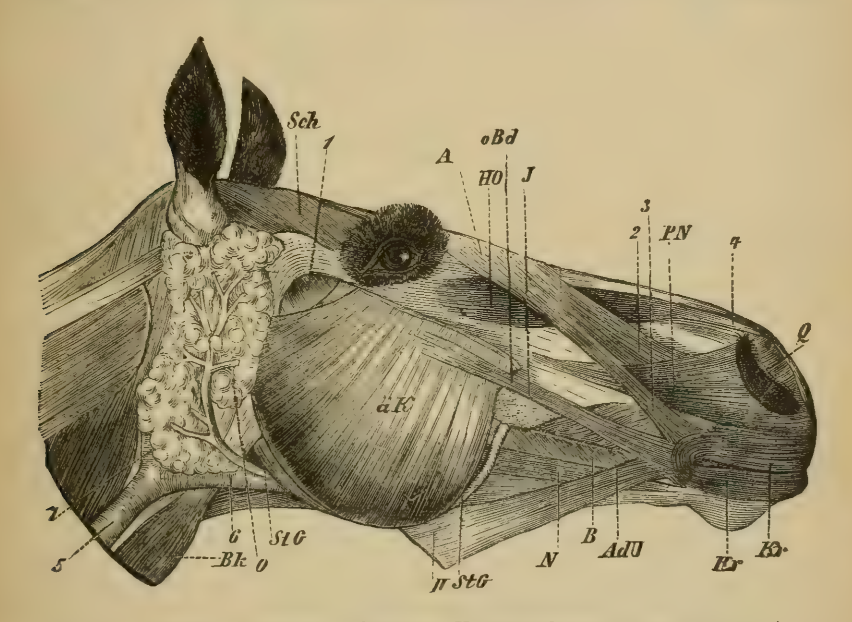


Fig. 64. Lippen-, Wangen- und äussere Kaumuskeln vom Pferde (Müller). *äK* äussere Kaumuskel, *1* dessen innere Schicht, *Sch* M. temporalis, *A*, *2*, *3* M. levator lab. sup. et alae nasi, *HO*, *4* Levator labii sup., *Kr* Orbicularis oris, *J* M. zygomat., *AdU* M. risorius, *B* M. molaris und buccalis, *Bk* M. sterno-maxillaris (sterno-mastoideus hom.).

öffnen dann die Lippen in ihrem mittleren Theile zu einer engen Spalte, während gleichzeitig die Zunge, welche die Mundhöhle vorher ausfüllte, stark gegen den Boden der Mundhöhle (resp. in den Kehlgang) gezogen und verkleinert wird, sodass ein freier, luftverdünnter Raum zwischen dem harten Gaumen und der Zunge, resp. eine Längs-Rinne auf dem Zungenrücken entsteht, in welchen die Flüssigkeit einströmt. (Der Vorgang gleicht dem Zurückziehen des Stempels einer Spritze). Sobald der Raum gefüllt ist, legt sich, indem gleichzeitig der Unterkiefer gegen den Oberkiefer bewegt wird, die Zunge von der Spitze anfangend bis

zur Basis dem harten Gaumen an und leitet das Schlingen eines Schluckes ein. Sofort wird die Zunge wieder vom harten Gaumen abgezogen, und es strömt wieder Wasser ein u. s. w. Saugen und Schlingen erfolgen abwechselnd.

Bei der Flüssigkeitsaufnahme (beim Saufen) bewegen die Pferde bei jedem Schluck die Ohrmuscheln vorwärts; gleichzeitig bemerkt man auch eine leichte Bewegung der Augen und die schon erwähnte Bewegung des Unterkiefers.

Die **Wiederkäuer** nehmen das Getränk ebenso wie das Pferd auf.

Auch das **Schwein** saugt die Flüssigkeit ein. Dasselbe vermag aber seine Lippenspalte, sobald dieselbe vor den mittleren Schneidezähnen zum Zwecke des Saufens geöffnet wird, seitlich nicht fest zu schliessen. Da aber beim Saugen, wie die vorstehende Darstellung zeigt, die Lippenspalte möglichst geschlossen sein muss, so muss das Schwein zum Zwecke des Saugens die Schnauze tief in die Flüssigkeit (fast bis zu den Mundwinkeln) einsenken. Ist die Oberfläche der Flüssigkeit genügend breit, dann senken die Schweine nur die ventrale Partie des Kopfes (den Unterkiefer), den sie gestreckt halten, soweit ein, dass die Nasenöffnungen frei bleiben.

Wenn die Schnauze nicht tief genug in der Flüssigkeit steckt, dann tritt das sogenannte Schlürfen ein, bei welchem Luft und Wasser in der Weise eingesaugt werden, dass das Saugen durch die Respirationsorgane bewirkt wird. Bei manchen Schweinen bemerkt man weder ein echtes Saugen noch ein Schlürfen; sie nehmen das Getränk wie breiige Nahrung (kauend) auf.

Die **Fleischfresser**, welche nicht saugen können, weil dabei ihre Nasenöffnungen in die Flüssigkeit eintauchen würden, stecken die am Kinn herunter geführte Zungenspitze platt in die Flüssigkeit hinein und ziehen dieselbe sodann nach Aufwärtskrümmung der Ränder, namentlich Rückwärtskrümmung des Vorderrandes, mit der geschöpften Flüssigkeit schnell in die Mundhöhle zurück. Die löffelförmig gebogene Zunge schleudert die Flüssigkeit also gewissermassen in den Mund. Ausserdem lecken sie wohl auch die Flüssigkeit derart auf, dass sie die mit der Spitze etwas rückwärts gebogene Zunge in die Flüssigkeit eintauchen und das benetzte, platte Organ dann rasch wieder in den Mund zurückziehen; letzteres thun namentlich die Katzen.

Saugen der Jungen. Die jungen Thiere nehmen in der ersten Zeit ihres Lebens nur Milch aus dem Euter auf. Die Lippen umfassen durch Wirkung des Orbicularis oris luftdicht die Euterzitze und saugen dadurch, dass sie durch Nieder- und Zurückziehen der Zungenwurzel und Herunterziehen der Zunge in den Boden der Mundhöhle einen luftverdünnten Raum schaffen (Zungensaugen). Das Athmen geschieht ungehindert. Beim Saugen findet auch ein Einziehen der Wangen und ein Herabziehen des Unterkiefers statt. Ob beim Saugen auch die Inspiration mitwirkt, ist eine noch offene Frage. Die jungen Thiere schaffen häufig durch Abwärtsbewegung des Unterkiefers den luftverdünnten Raum (Unterkiefersaugen) und bewegen die Zunge nur wenig.

Muskelthätigkeit bei der Flüssigkeitsaufnahme. Der Orbicularis oris schliesst, unterstützt von den Incisivi, die Mundspalte und zieht, behufs Verkürzung derselben, deren Winkel möglichst herab. Sobald die Lippen die Flüssigkeit berühren, contrahiren sich der Levator labii sup. und der Depressor lab. inf. beiderseits und

überwinden den contrahirten Orbicularis oris derart, dass sich die Lippenspalte zum Theil öffnet. Vor den Schneidezähnen bleibt ein kleiner freier Raum. Der Unterkiefer wird durch die unten zu nennende Muskelwirkung vom Oberkiefer entfernt. Der Zungenkörper wird durch den Genio-glossus und Lingualis gegen den Mundhöhlenboden gezogen und durch den Stylo-glossus mit den Rändern gegen die Backzähne angedrückt. Der Zungengrund wird durch den Sterno-hyoid., Sterno-thyreoid. und Omo-hyoid. herabgezogen. Die Wangen werden durch die Wangenmuskeln gegen die Laden und in den Zwischenzahnrand hineingepresst.

Das Vorbringen der Zunge bei den Fleischfressern erfolgt durch den Genio-glossus und hyoideus und das Krümmen durch die einseitige oder theilweise Wirkung des Stylo-glossus und des Lingualis; das Zurückziehen durch beide Stylo-glossi, Hyo-glossi und die Längsfasern des Lingualis. Die Aushöhlung der Zunge geschieht durch die Genio-glossi und den Lingualis. Die Zunge erhält eine mittlere Längsrinne durch Contraction der Genio-glossi und der dorsalen, transversalen Fasern des Lingualis (Aufbiegen der Ränder) und der Stylo-glossi. Die Zungenspitze wird abwärts und rückwärts durch den Stylo-glossus, abwärts und seitwärts durch den Stylo- und Baseo-glossus (unter gleichzeitiger Verkürzung) bewegt.

Nerveneinwirkung bei der Nahrungsaufnahme. Die Lippenmuskeln werden vom N. facialis und die Zungenmuskeln vom N. hypoglossus und Nervus trigeminus (M. biventer und mylo-hyoideus) versorgt.

2. Das Kauen besteht in der Zerkleinerung und Zermalmung der Nahrungsmittel durch die Backzähne, und wird durch gewisse, je nach der Formung der Zähne und des Kiefergelenkes in verschiedener Weise erfolgende Kieferbewegungen erreicht.

Die Einhufer und Wiederkäuer besitzen lange Kiefer und säulenartige Backzähne (Molares und Praemolares) mit breiten horizontalen, aber etwas schräg gestellten, im Oberkiefer lateralwärts, im Unterkiefer medialwärts etwas erhöhten, durch leistenartige Erhabenheiten (vorragende Schmelzschichten) und Vertiefungen unebenen Reibeflächen. Die beiden Zahnreihen des Unterkiefers stehen enger als die des Oberkiefers und convergiren beim Pferde erheblich (bei den Wiederkäuern wenig) in der Richtung gegen die Schneidezähne hin, während die Oberkieferzähne eine geringere Convergenz zeigen. Die Reibeflächen der Zähne des Unterkiefers stehen demnach nicht unter denen des Oberkiefers. Demgemäss muss der Unterkiefer seitliche, oral zunehmende Bewegungen machen, um das Futter zermalmen zu können.

Diese Bewegungen werden dadurch ermöglicht, dass der flache Gelenkkopf des Unterkiefers in seichter Grube des Schläfenbeins ruht, und demgemäss sowohl leicht auf die vor der Grube liegende Gelenkrolle treten als gegen den Proc. artic. post. zurückweichen kann. Aus den genannten anatomischen Einrichtungen ergiebt sich auch, dass diese Thiere stets nur auf einer Seite kauen können. Der stärkste Kaumuskel der Pflanzenfresser ist der Masseter.

Das Schwein besitzt drei vordere, spitze, scharfe Backzähne mit seitlichen Reibeflächen und vier hintere höckerige vielspitzige Zähne mit horizontalen Reibeflächen. Masseter und Temporalis sind gut entwickelt.

Die Fleischfresser haben eine kurze starke Mandibula und neben gut ausgebildeten Massetern ganz gewaltige Mm. temporales. Beim Hund besitzen die 3 bis 4 vorderen dreispitzigen Backzähne verticale, seitliche, einander nicht berührende und die zwei hinteren horizontale, dabei aber schräggestellte, mehrspitzige, einander berührende Reibeflächen. Bei der Katze haben die 3 unteren und die 2 vorderen oberen Backzähne eine seitliche und der hintere obere eine horizontale Reibefläche. Wegen der, allerdings den Doggen fehlenden, Kreuzstellung der Hakenzähne, wegen des

Uebereinandergreifens der Eck- und Backenzähne, wegen der bedeutenden Tiefe der für den Unterkiefergelenkkopf bestimmten Gelenkgrube und der Höhe des cylindrischen Gelenkkopfes des Unterkiefers können die Fleischfresser den Unterkiefer fast nur in verticaler Richtung (dorso-ventral) bewegen, während die entsprechenden anatomischen Verhältnisse der Herbivoren auch Seitwärtsbewegungen zulassen.

Die Carnivoren und das Schwein zerschneiden und zerquetschen, die Pflanzenfresser mahlen und zerquetschen ihre Nahrung; bei den ersteren Thierarten geschieht das Zerschneiden der Nahrung durch die oralen, das Quetschen durch die aboralen Backzähne. Letzteres fällt bei manchen Nahrungsmitteln ganz weg. Bei den Carnivoren gleicht der Kauact dem Oeffnen und Schliessen einer Scheere; die Kronen der vorderen Backzähne reiben mit ihren sagittalen (seitlichen, senkrechten) Flächen wie 2 Scheerenblätter einer Scheere dadurch an einander vorbei, dass der Unterkiefer abwechselnd vom Oberkiefer entfernt und wieder an denselben herangezogen wird. Nur zwischen den horizontalen Reibeflächen der hinteren (aboralen) Backzähne kann auch ein Zerquetschen der Nahrung stattfinden. Bei den Carnivoren finden also die Bewegungen des Unterkiefers nur in verticaler Richtung statt, beim Schwein treten noch schwache, bei den Herbivoren sehr bedeutende Seitwärtsbewegungen hinzu.

Ausnahmsweise machen auch die Fleischfresser schwache Seitwärtsbewegungen mit den Kiefern und zwar dann, wenn sie mit den hintersten Molaren kauen müssen. Bei diesen Thieren kann auch der Oberkiefer mit dem Schädel etwas vom Unterkiefer entfernt werden (durch den M. biventer?). — Bei allen Thieren kommen auch schwache Vor- und Rückwärtsbewegungen der Mandibula (die bei den Nagethieren in bedeutendem Masse stattfinden) vor.

Bei allen Thieren kann man beim Kauprocesse 2 Acte unterscheiden. Der erste Act besteht in der Entfernung des Unter- vom Oberkiefer. Dies geschieht, wie erwähnt, bei den Fleischfressern nur in senkrechter Richtung, bei den nur auf einer Seite kauenden Pflanzenfressern gleichzeitig so weit nach der in Thätigkeit zu setzenden Seite hin, dass die Zahnreihe dieser Seite genau unter die des Oberkiefers zu stehen kommt.

Bei dieser Seitwärtsbewegung des Unterkiefers tritt der Gelenkfortsatz der unthätigen Seite aus der Gelenkgrube vor auf die Walze, während der der thätigen Seite nach rückwärts weicht und sich fest gegen den Proc. articularis post. oss. temp. anlegt. Dabei ist die Bewegung des Unterkiefers eine derartige, dass er sich in der Gegend der letzten Molare nur wenig und in der Schneidezahnpartie schnell und bedeutend seitlich bewegt.

Bei den Wiederkäuern scheinen die Seitwärtsbewegungen des Unterkiefers deshalb bedeutender zu sein als beim Pferd, weil man dieselben in Folge der kurzen Lippen und der offenen Lippenspalte besser sieht, als dies beim Pferde der Fall ist.

Im 2. Tempo wird der Unterkiefer an den Oberkiefer herangezogen, und tritt als Druckhebel in Thätigkeit. Bei den Pflanzenfressern wird er dabei, indem seine Gelenkflächen auf ihren Ruhepunkt in die Gelenkgrube des Schläfenbeins zurückkehren, derart seitlich bewegt, dass auf der thätigen Seite, d. h. derjenigen, nach welcher der Unterkiefer im

ersten Acte hinbewegt wurde, die Zahnreihe des Unterkiefers an der des Oberkiefers von aussen nach innen vorbeireibt, sodass die Nahrungsmittel von den Schmelzvorragungen der Reibefläche zerrissen und zermalmt (gemahlen) werden, während sie durch die Vertiefungen der Reibeflächen vor dem zu leichten Herausfallen in das Cavum oder Vestibulum oris gehindert werden. Die Zahl der zum Zerkleinern eines Bissens nöthigen Kieferschläge und danach die Zeit des Kauens ist nach der Härte, Zähigkeit etc. der Nahrung und nach der Thierart verschieden.

Bei längerer Dauer des Kauens wird die Kauseite, wenn auch nicht immer (Ellenberger), so doch meist, aber in unregelmässigen Zwischenräumen (nach meinen Beobachtungen) gewechselt. Jeder Bissen wird aber auf derselben Seite zu Ende gekaut. Bei Zahnkrankheiten und Zahnfehlern treten Unregelmässigkeiten im Kauprocesse auf. — Auf der Kauseite ist die Speichelsecretion erhöht.

Die Wiederkäuer kauen bei der Nahrungsaufnahme nur sehr oberflächlich und rasch, beim Ruminiren aber sorgfältig; die Einhufer und das Schwein zerkleinern die Nahrung gut. Die Hunde kauen weiche Sachen, Fleisch und dergl., sehr wenig, unter Umständen gar nicht; Knochen kauen sie gut. Die Katzen verfahren umgekehrt, sie kauen das Fleisch, nicht aber die Knochen, weil ihre Zähne zu weich und spitz zum Knochenzermalmen sind. Die Carnivoren ersetzen das mangelhafte Kauen durch längeres Zurückhalten der Nahrung im Magen, die Wiederkäuer durch die Rumination.

Hülfsakte beim Kauen. Der Kauprocess wird dadurch eingeleitet, dass die Zunge die Nahrung zwischen die Reibefläche der Backzähne bringt. Mit Beginn des Kauens legen sich Zunge und Backen den Backzähnen und die erstern auch dem harten Gaumen möglichst fest an; gleichzeitig wird die Lippenspalte geschlossen, um das Herausfallen der Nahrung aus der Mundhöhle zu verhindern.

Wenn bei Lähmungen der Lippen der Lippenverschluss fehlt, dann fällt beim Kauen ein bedeutender Theil der Nahrung aus der Mundhöhle heraus.

Die Zunge und die Backen haben das Herausfallen der Nahrungsmittel in das Vestibulum oder in das Cavum oris und in den Zwischenzahnraum zu hindern und eventuell das Hervorgefallene wieder zwischen die Reibeflächen der Backzähne zu schaffen.

Das Rind schliesst, im Gegensatz zu den anderen Hausthieren, beim Kauen die Lippen nicht, hält aber als Ersatz dafür den Kopf gestreckt und fast horizontal. Bei diesen Thieren hindern die rachenwärts gerichteten Papillen der Backenschleimhaut das Herabfallen der Nahrung. Sie befördern dieselbe vielmehr rachenwärts.

Muskelwirkungen beim Kauen (s. Fig. 64 u. 65). Beim Kauakt, bei welchem die Mandibula meist als einarmiger Hebel wirkt, kommen als Hauptmuskeln der Masseter, die Pterygoidei, der Temporalis, der Biventer und beim Pferde an dessen Stelle der Stylo-maxillaris in Action. Das Oeffnen des Mundes geschieht einerseits durch die Schwere des Unterkiefers (bei Nachlass der Anzieher desselben) und andererseits durch actives Eingreifen des M. biventer resp. des M. stylo-maxillaris und des sterno-maxillaris (sterno-mastoideus hom.).

Die Seitwärtsbewegung erfolgt durch die einseitige Wirkung dieser Muskeln

und der oberflächlichen Portion des Masseter, die laterale Portion des Pterygoideus medialis und den Pterygoideus lateralis; der letztere Muskel bewegt die Gelenkrolle nach innen und vorn (medio-oral).

Das einfache Heranziehen des Unterkiefers geschieht durch den Temporalis und den Pterygoideus internus, event. auch durch beiderseitige Wirkung des Masseter.

Beim Seitwärtsreiben wirken wesentlich der Masseter und der ganze Pterygoideus einer Seite. Das Vorziehen des Kiefers geschieht durch den Masseter, den Pterygoideus und Temporalis, aber wesentlich durch beiderseitige Wirkung des Pterygoideus externus (lateralis), welche gleichzeitig, unterstützt vom Temporalis, auch vorziehen.

Als Hilfsmuskeln treten beim Kauen in Action: 1. die Schliesser der Lippen, welche gleichzeitig die Lippenwinkel vorziehen, um die Wangenmuskeln anzuspannen und ihnen einen fixen Punkt für ihre Wirkung zu bieten.

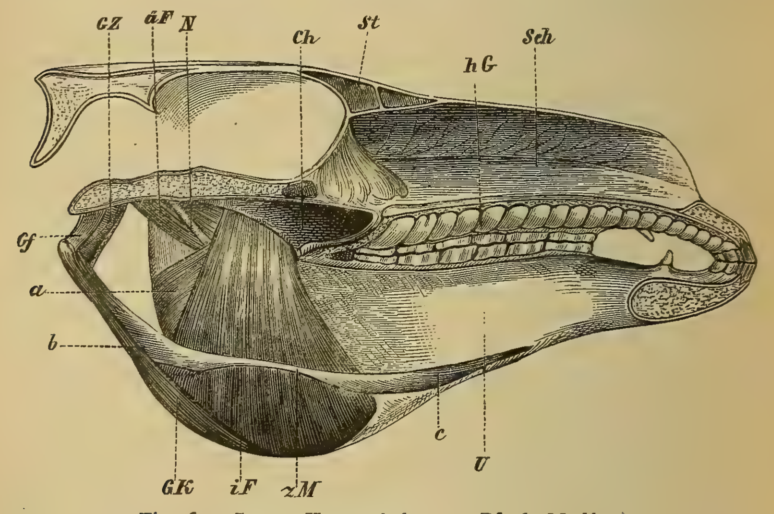


Fig. 65. Innere Kaumuskeln vom Pferd (Müller).
äF Pterygoideus ext. (lateral.), *iF* Pterygoid. int. (medial.) (*a* u. *b*), *zM* M. biventer, *GK* M. stylo-maxillaris, *GZ* M. masto-styloideus.

2. Die Muskeln der Wangen, um das Futter zwischen den Zähnen zu halten oder das in das Vestibulum gefallene wieder zwischen dieselben zu bringen: Depressor labii inf., Levator lab. sup. alaeque nasi, Buccinator, Molaris und Risor. Santorini, Zygomaticus. Die beiden erstgenannten Muskeln können in der gedachten Weise nur bei festgestellten Lippen wirken, weil dann ihr Ursprungs- und Ansatzpunkt festgestellt ist. Dadurch, dass der Depressor seinen Muskelbauch vom Lippenwinkel nach oben fest gegen die Backen presst, treibt er das Futter rachenwärts zwischen die Backzähne. Der Lev. l. sup. alae nasi, der Ris. Santorini und Zygomaticus unterstützen die eigentlichen Wangenmuskeln (Buccinator und Molaris), welche bei ihrer Contraction die Nahrung von den Seiten gegen die Backzähne treiben, im Anlegen der Wangen an den Kieferrand bei fixirter Lippenspalte. Die Wangen werden so fest in die Zwischenzahnspalte hineingepresst, dass die durch den Mylohyoideus aus dem Mundhöhlenboden gehobene Zunge den Raum von innen ausfüllt und kein Futter hierher kommen kann.

3. Die Zungenmuskeln (Lingualis, Stylo-glossus, eventuell Mylo-hyoideus und Genio-glossus) halten das Futter zwischen den Zähnen oder schaffen es wieder dorthin. Die Zunge zeigt beim Kauen das Bestreben, sich fest gegen den Gaumen anzudrücken.

Nervenwirkung beim Kauen. Die eigentlichen Kaumuskeln werden vom N. trigeminus, die Wangen- und Lippenmuskeln vom N. facialis und die Zungenmuskeln vom Hypoglossus versorgt Der Sterno-mastoideus (hom.) erhält seine Nerven vom N. accessorius und der Biventer z. Th. vom Facialis, z. Th. vom Trigeminus, der Stylomaxillaris des Pferdes vom Facialis. Zu diesen Bewegungsnerven kommen noch der Trigeminus als Empfindungs- und der Glossopharyngeus als Geschmacksnerv, welche unter Umständen veranlassen, dass schädliche, mit der Nahrung aufgenommene Stoffe aus der Mundhöhle wieder entfernt werden.

Nutzen des Kauens. Das Kauen ermöglicht die Einspeichelung und dadurch und durch die Zerkleinerung der Nahrung das Schlingen auch solcher Körper, die an sich nicht schlingbar sind; es macht die eingeschlossenen Nährstoffe dadurch, dass ihre Hüllen, die Cellulose-schichten der Körner, die Häute der Zellen etc. gesprengt werden, zugänglich und vergrössert gleichzeitig die Berührungsfläche der Nahrung für die Einwirkung der Verdauungssäfte. Demgemäss steigert es die Verdaulichkeit der Nahrung ganz erheblich. Dies ergiebt sich z. B. daraus, dass der ohne Häcksel gegebene und demnach schlechter gekaute Hafer zu $^1/_{64}$—$^1/_{46}$, während der mit Häcksel gegebene besser gekaute Hafer nur zu $^1/_{100}$—$^1/_{500}$ unverdaut abgeht (Haubner), und dass bei alten Pferden mit schlechten Zähnen viele unverdaute Körner im Kothe gefunden werden.

3. Die Einspeichelung. Sie besteht darin, dass sich der während des Kauens in die Mundhöhle ergossene Speichel (s. S. 500), der dabei Luft aufnimmt und schaumig wird, mit den Nahrungsmitteln mischt und diese durchtränkt. Dadurch werden die trockenen und festen Nahrungsmittel schlingbar gemacht.

4. Das Schlingen. Der Schlingprocess umfasst den Transport der festen und flüssigen Nahrung von der Mundhöhle bis in den Magen und zerfällt in 1. den willkürlichen Act (Mundschlingact) mit a) der Bissenbildung und b) dem Transport des Bissens bis unter das Velum und 2. den unwillkürlichen Act (Schlundkopf- und Schlundschlingact) mit a) dem Bissentransport von der Zungenbasis in und durch den Schlundkopf, b) der Beförderung vom Schlundkopf durch den Schlund in den Magen. Beim Schlingen sind in Wirksamkeit: Theile der Musculatur der Lippen, der Backen, der Kiefer, der Zunge, des Zungenbeins, des Gaumensegels, des Schlundkopfs, des Schlundes.

A. Die Bissenbildung besteht darin, dass ein Theil der gekauten Nahrung an einer bestimmten Stelle der Zungenoberfläche gesammelt wird. Der Zungenkörper wird unter gleichzeitiger Abplattung in den Kehlgang (gegen den Mundhöhlenboden) derart herabgezogen, dass sein Rücken vom Gaumen entfernt wird, während die Zungenspitze demselben noch anliegt. Die Zungenränder legen sich dabei fest an die sich gegen die Oberkieferzähne pressende Backzahnreihe des Unter-

kiefers und schieben sich an diesen in der Richtung vom Zahnfleischrand des Unterkiefers gegen die Oberkieferzähne in die Höhe und sammeln dabei die gekaute, gegen das Cavum oris vorquellende Nahrung und bringen sie auf die Zungenmitte. Bei diesem Acte ist die Lippenspalte fest geschlossen, während die Backen den Zahnreihen dicht anliegen.

Muskelthätigkeit. Ausser den Lippen-, Wangen- und Kaumuskeln, speciell den Heranziehern des Unterkiefers, sind bei der Bissenbildung thätig: der M. genio- und stylo-glossus und der M. lingualis. Die Mm. genio-glossi ziehen die Zungenmitte vom Gaumen ab; der M. lingualis plattet die Zunge ab; der M. stylo-glossus drückt die Zungenränder an den Backzähnen in die Höhe und schiebt die Nahrung in den Raum zwischen Zungenrücken und Gaumen. Unterstützend bei der Rinnenbildung wirken der Hyo-glossus und die tiefen Querfaserzüge des Lingualis.



Fig. 66. Zungen-, Zungenbein- und Schlundkopfmuskeln vom Hunde.
a Genio-hyoideus, *b* Genio-glossus, *c* Baseo-glossus, *d* Stylo-glossus, *e* Stylo-pharyngeus, *f* Hyo-pharyngeus (vordere, orale Portion), *f'* Hyo-pharyngeus (hintere, aborale Portion), *g* Kerato-hyoideus, *h* Hyo-thyreoideus, *i* Thyreo-pharyngeus, *k* Sterno-hyoideus. *1* Zunge, *2* Gaumensegel.

B. Der Bissentransport bis unter das Gaumensegel. Bei geschlossener Mundhöhle und an einander gepressten Zahnreihen drückt sich der Zungenrücken, von der Zungenspitze beginnend, gradatim fest gegen das Palatum durum und treibt den Bissen rachenwärts gegen das Palatum molle. Dabei hindern die Gaumenstaffeln den Rücktritt des Bissens gegen die Mundspalte und fördern seine Vorwärtsbewegung nach dem Gaumensegel. Dies geschieht in geringerem Grade auch durch die aboral gerichteten Zungenpapillen, namentlich beim Rinde.

Muskelthätigkeit: Hierbei wirken vorzugsweise der Mylo-glossus und -hyoideus unterstützt vom Lingualis. Aber auch Zungenbeinmuskeln und der Griffelzungenmuskel und der Biventer heben die Zunge.

C. Transport des Bissens bis in und durch den Schlundkopf*). Während des Vorrückens des Bissens gegen das Velum wird das Gaumensegel straff angespannt und schädelwärts gehoben und zwar bei manchen Thierarten soweit, dass es parallel mit der Schädelbasis liegt. Gleichzeitig wird der Zungengrund mit dem Zungenbein gehoben und rückwärts bewegt. Dadurch presst er den ankommenden Bissen gewaltsam unter dem angespannten Gaumensegel durch in den Schlundkopf und zwar auf die Mundhöhlenfläche des Kehldeckels, resp. die schräge Kehlkopffläche, welche in Folge einer Kehlkopfwendung die absinkende Ebene des Zungengrundes fortsetzt. Bei dem Durchgange durch den Isthmus wird der Bissen von dem Schleim der Schleimdrüsen des Gaumensegels, des Zungengrundes, der Mandeln und des Mayer'schen Organes übergossen, eingehüllt und schlüpfrig gemacht.

Das Erheben des Zungengrundes, welches ein gleichzeitiges Heben des anhängenden Larynx und z. Th. auch des Pharynx bewirkt, muss nach Günther soweit geschehen, bis die Gabel des Zungenbeins in Kronenhöhe des letzten unteren Backzahns steht und die dorsalen Enden der kleinen Zungenbeinäste unter das Gaumensegel treten.

Sobald der Bissen unter das von oben auf ihn drückende Gaumensegel gelangt ist und also dessen orale Fläche berührt, erfolgt der Schlingreiz, welcher reflectorisch den unwillkürlichen, sehr rasch ablaufenden Act des Schlingprocesses hervorruft.

Während sich der erhobene Zungengrund gegen das gespannte Velum anpresst, wird der Schlundkopf bei Abschluss der Rachenhöhle gegen den Isthmus resp. den Zungengrund hingeführt. Dabei bildet sich rechts und links neben dem Velum an der Rachenhöhlenwand je eine Wulst, zwischen denen der Bissen durchgleitet und, nachdem er

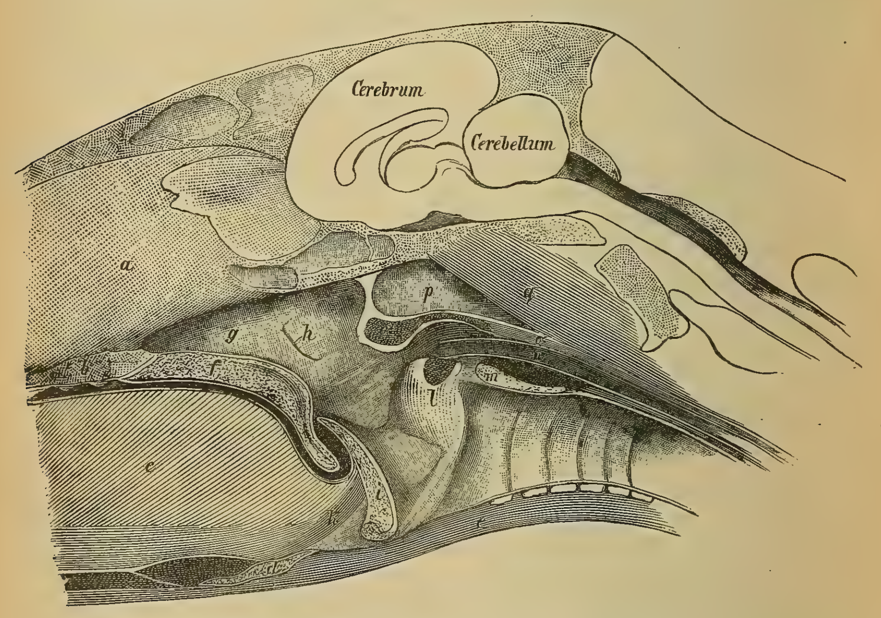
---

*) Die Rachenhöhle im weiteren Sinne zerfällt in einen dorsalen Abschnitt, den Nasenrachen, die Rachenhöhle im engeren Sinne und einen ventralen Abschnitt, den eigentlichen Schlundkopf (Kehlkopf- oder Schlundrachen). Beide sind nach meiner Ansicht zwei physiologisch zu trennende Theile. Die Rachenhöhle ist die Durchkreuzung des Tubus alimentarius und respiratorius, der Schlundkopf ist der stark muskulöse Anfangstheil des Schlundes. Beide Theile gehen bei Ruhestellung derart ineinander über, dass eine scharfe Trennung schwer oder unmöglich wird. Während des Schlingaktes aber sind beide Abschnitte bei allen Thieren total getrennt. Die Rachenhöhle kommt dabei mit dem Bissen in gar keine Berührung, während der Schlundkopf den Bissen durch sich durchtreten lässt. Die Rachenhöhle ist dann ventral durch das Gaumensegel abgeschlossen; sie ist mit Flimmer-, der Schlundkopf mit Plattenepithel ausgekleidet. Beim Pferde rechne ich zum Schlundkopf nur den durch die Schlundkopfschnürer (Chondro-, Thyreo- und Cricopharyngeus) und einen Theil des Palatopharyngeus gebildeten Abschnitt. Die Grenze zwischen beiden Abschnitten liegt ungefähr am aboralen Rande des oralen Schliessers der Rachenhöhle (Pterygo-pharyngeus) resp. ventral vom Ansatze des M. stylo-pharyngeus, eines Muskels, welcher beim Pferde nur auf die Rachenhöhle (nicht aber auf den Schlundkopf) erweiternd wirkt. Der von vielen Seiten gegebenen Definition, dass die Rachenhöhle der Innenraum des Schlundkopfes sei, kann ich nicht zustimmen. Es giebt sehr viele (nicht kauende) Thiere, die keine Rachenhöhle, wohl aber einen Schlundkopf haben (Vögel, Reptilien).

noch vom Schleim der Pharynxdrüsen übergossen worden ist, in den Schlundkopf gelangt. Sowie der Bissen in den Schlundkopf eintritt, contrahiren sich die Schlundkopfschnürer über ihm und treiben ihn in den Schlund.

Nothwendig zum Schlingen ist der Kieferverschluss, das Anlegen der Zunge an den Gaumen, und ein Objekt, wenn auch nur Speichel; bei ganz leerem Munde gelingt das Schlingen nicht.

Da die Höhle des Rachens und des Schlundkopfs mit 7 Oeffnungen versehen ist, so fragt es sich, warum der Bissen gerade in den Schlundkopf, resp. in den Schlund, und warum er nicht in eine der anderen Oeffnungen eintritt.



Figur 67. Medianschnitt des Kopfes vom Pferde.
a Nasenscheidewand, *b* durchsägtes Gaumenbein, *c* Zunge, *d* durchschnittenes Zungenbein, *e* M. sterno-hyoideus, *f* Gaumensegel mit dem Gaumensegelmuskel, *g* Rachenhöhle, *h* Eingang zur Eustachischen Tube, *i* Kehldeckel, *k* Zungenbein-Kehldeckelmuskel, *l* Ary-Knorpel, *m* durchschnittener Ringknorpel, *n* Schlund, *o* Schlundkopfschnürer, *p* Luftsack, *q* Kopfbeuger.

a) Dass der Bissen nicht in die Nasenhöhle und b) nicht in die Oeffnungen der Eustachischen Tuben eintritt, liegt darin begründet, dass beim Schlingen das erhobene Gaumensegel den Nasenrachenraum (die eigentliche Rachenhöhle), in welchem sich die Oeffnungen der Nasenhöhlen und der Tuben befinden, vollständig von dem Schlundkopf (im engeren Sinne), dessen dorsale Wand es dann darstellt, abschliesst und so dem Bissen den Eintritt in den Nasenrachenraum verwehrt.

Das erhobene Gaumensegel erreicht dadurch die hintere Wand der Rachenhöhle

um so leichter, dass diese vorgezogen wird, resp. ihm entgegenkommt. Der Abschluss des Nasenrachenraums wird auch dadurch vervollkommnet, dass die Arcus palato-pharyng. kulissenartig vorrücken. Die Rachenhöhle wird von dem Schlundkopf durch die sogenannten Schliesser der Rachenhöhle (Pterygo-pharyngeus und Levator veli palat.) förmlich abgeschnürt. — Der Abschluss der Tuben wird noch vervollkommnet durch die Schleimhautfalten, welche durch die Contraction der Mm. palato-pharyngei entstehen und durch die Contraction der ihr anliegenden Mm. levatores und tensores veli palatini.

c) Der Abschluss des Kehlkopfs, dessen Oeffnung dem Bissen direct zugekehrt wäre, wenn der Kehlkopf in der Ruhelage verharren würde, wird in folgender Weise herbeigeführt: Mit dem Erheben des Zungengrundes findet auch ein Erheben und damit eine derartige

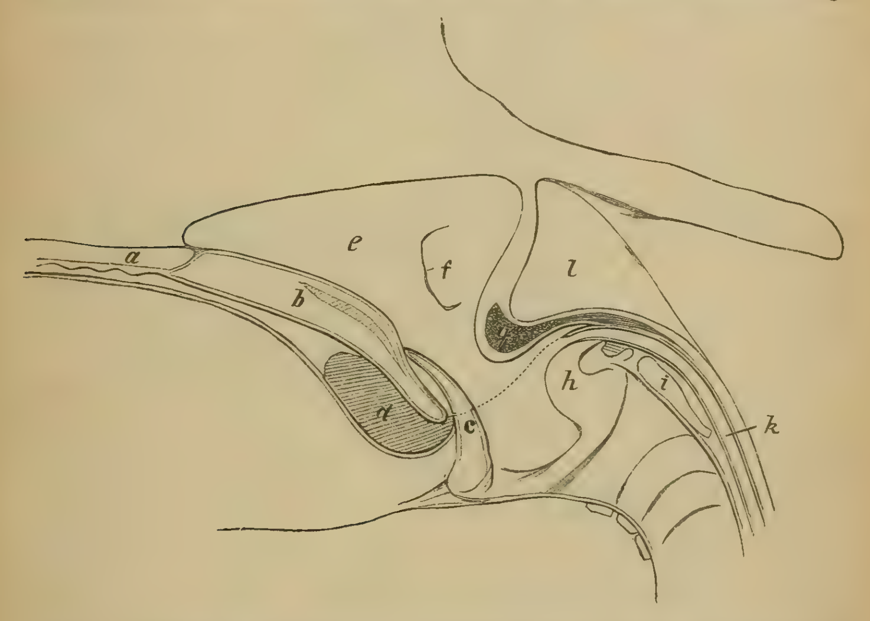


Fig. 68. Stellung des Gaumensegels und Schlundkopfes zum Beginn des Schluckaktes (Medianschnitt).
(Die Erhebung und das Rückwärtsbewegen des Zungengrundes ist nicht markirt.)
a Durchsägtes Gaumenbein, *b* Gaumensegel, *c* Kehldeckel, *d* Futterbissen, *e* Rachenhöhle, *f* Eingang zur Eustachischen Tube, *g* Schlundkopfschnürer, *h* Giesskannenknorpel, *i* Ringknorpel, *k* Schlund, *l* Luftsack. Die punktirte Linie von *d* nach *k* zeigt die Richtung an, die der Bissen nimmt.

Wendung des Kehlkopfs statt, dass dessen Eingang nicht mehr schädel- sondern halswirbelwärts sieht und dass der ventrale Schildknorpelrand fast senkrecht zu den Gabelästen steht.

Die orale Kehldeckelfläche ist beinahe schädelwärts und seine Spitze fast aboral gerichtet; die Rachenfläche des Kehlkopfs ist jetzt die Fortsetzung der absinkenden Fläche des Zungengrundes geworden. Dadurch, dass gleichzeitig mit der genannten Bewegung des Kehlkopfs der Zungen-

grund sich nach rückwärts schiebt, drückt derselbe (incl. Zungenbeinkörper) die Epiglottis auf den Kehlkopfeingang nieder und legt sich selbst zum Theil über diesen hinweg. Der Kehlkopfeingang wird dabei noch dadurch verkleinert, dass die Giesskannenknorpel nahe an einander- und gegen die Epiglottis vorrücken. —

Einige Autoren nehmen an, dass nicht der Zungengrund, sondern der Bissen die Epiglottis dadurch niederdrückt, dass er gegen deren orale Fläche und Spitze gepresst wird. — Czermak glaubte, dass die Epiglottiswendung durch Muskelwirkung geschehe. Beim Pferde leitet das Gaumensegel, welches in der Ruhe an der oralen Fläche des Kehldeckels liegt, das Rückwärtslegen des Kehldeckels bei seinem Erheben ein. Das Gaumensegel muss, um sich erheben zu können, den freien Theil des Kehldeckels rückwärts schieben.

Wie wesentlich das Erheben des Zungengrundes und die damit einhergehende Wendung des Kehlkopfes beim Schlingen ist, ergiebt sich daraus, dass beim Schlingen mit stark erhobenem Kopfe die Nahrung deshalb theilweise in den Kehlkopf eintritt, weil dabei der Omo- und Sterno-hyoideus und der Sterno-thyreoid. derart angespannt sind, dass das Zungenbein und der Kehlkopf am Erheben gehindert werden. Beim erschwerten Schlingen wird der Kopf sehr stark gebeugt und an den Hals herangezogen.

Ausser dem besprochenen Abschlusse des Kehlkopfeinganges findet beim Schlingen ein weiterer Abschluss der Luftwege durch Schliessen der Glottis statt. Wenn man von der Wirkung der Stimmritzenschliesser ganz absieht, so drücken schon die aboralen Pharynxschnürer die Schildknorpel zusammen und pressen dabei, während sich der Larynx nach vorn und oben bewegt, die Knorpel und damit die Stimmbänder fest an einander.

Aber auch bei offner Glottis kann das Schlingen stattfinden. —

Magendie war der Meinung, dass der Kehldeckel überflüssig sei und dass der Kehlkopfverschluss auch ohne ihn erreicht werden könne. Hierfür spricht die Thatsache, dass die Vögel keine Epiglottis haben. Nach den Versuchen von Longet, Reichel, Schiff u. A. treten aber bei Wegnahme des Kehldeckels bei Flüssigkeitsaufnahme Hustenstösse ein, weil nach dem Schlingakte kleine Flüssigkeitsportionen, die am Zungengrunde verblieben sind, nachträglich von diesem nach dem offenen Kehlkopfe abfliessen. Zweifellos kann der Verschluss des Kehlkopfes bei fehlendem Kehldeckel durch den Zungengrund und die oral vom Kehlkopfeingang befindlichen Schleimhautfalten im Grossen und Ganzen und jedenfalls derart bewirkt werden, dass zusammenhängende Bissen ohne Nachtheil geschlungen werden können.

Sobald der Bissen in den Schlund eingetreten ist, kehren alle thätig gewesenen Theile in den Ruhezustand zurück.

Der Verschluss der Choanen und der Tuben wird aufgehoben, die Schnürer entfernen sich vom Kehldeckel und der Giesskanne, das Gaumensegel verlässt die Rachenhöhle, der Kehldeckel schnellt zurück, die Stimmritze öffnet sich. Diese Vorgänge erfolgen theils durch die in Folge des Nachlassens der Muskelwirkungen wirksam werdende Schwere der erhobenen Theile, theils durch die Elasticität der Theile selbst und ihrer Bänder, theils durch active Muskelwirkung.

Muskelthätigkeit. a) Das Anspannen und Erheben des Velum geschieht durch die Mm. palat., levat. und tensor. veli.

b) Das Aufwärts- und Gaumenwärtsführen der Zunge geschieht durch die oberflächlichen Fasern des Lingualis, die Mm. mylo-glossi, mylo-hyoidei und stylo-glossi. Das Erheben des Zungengrundes und des Zungenbeines erfolgt

durch den aboralen Theil des Mylo-hyoideus, den Transversus lingu., den Stylo- und Kerato-hyoideus, den Baseo-glossus und den Biventer. Indem dabei der Genio- und Stylo-hyoideus und der Genio-glossus die Zungenbeinäste senkrecht stellen, heben sie Kehl- und Schlundkopf nach oben und vorn (dorso-oral). Der Biventer hebt die Gabeläste mit dem Zungengrunde in Folge seiner eigenthümlichen Verbindung mit dem Stylo-hyoideus. Der Hyoideus transversus hebt den oberen Theil des Zungengrundes zwischen den kleinen Zungenbeinästen, die er gegeneinander zieht, in die Höhe.

Das Zurückziehen des Zungengrundes und dessen Anpressen an das Velum geschieht durch den Baseo-(hyo)glossus, den Stylo-glossus und Lingualis und zwar bei dem durch den Stylo-hyoideus und die anderen Muskeln gehobenen und aufwärts fest gestellten Zungenbein.

c) Das Abschnüren der Rachenhöhle unter den Choanen und den

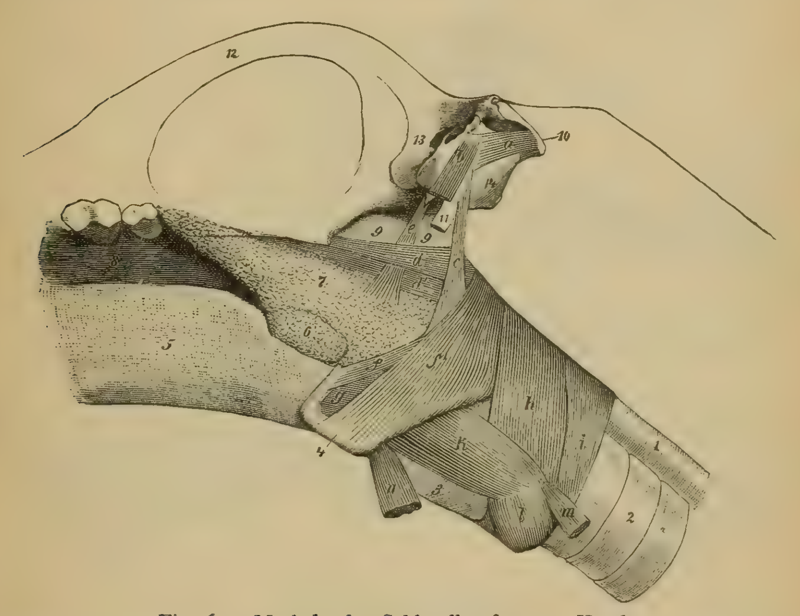


Fig. 69. Muskeln des Schlundkopfes vom Hunde.
d M. palato-pharyngeus und pterygo-pharyngeus, *e* M. levator veli palat., *c* M. stylo-pharyngeus, *f*, *f'* M. hyo-pharyngeus, *h* M. thyreo- und *i* M. crico-pharyngeus, *k* M. hyo-thyreoideus.

Tuben geschieht durch die beiden Schliesser der Rachenhöhle (Levator veli palatini [petro-staphylinus] und Pterygo-pharyngeus) (Fig. 70, *1*, *2*) die, wie ein Kreuzband wirkend, die vordere (Gaumensegel) und hintere Rachenhöhlenwand aneinanderziehen.

d) Behufs der Wendung des Kehlkopfes ziehen die Genio-hyoid., Mylo-hyoid. und Digastrici unter Mithülfe des Palato-pharyngeus den Kehlkopf nach oben. Die eigentliche Wendung aber geschieht durch den Hyo-thyreoideus, welcher das orale Ende des Schildknorpels hebt, indem er das aborale Ende herabzieht und den Kehlkopf an das Zungenbein fest heranpresst. Dadurch findet bei fixirtem Unterkiefer die Kehlkopfwendung statt. Hierbei kommt auch in Betracht, dass der Stylo-hyoideus und der Biventer den vorderen Theil der Gabel heben und dadurch die Rückwärtswendung der Kehlkopföffnung mit veranlassen.

e) Das Vorführen des Schlundkopfes geschieht durch die M. palato-pharyngei, chondro- und pterygo-pharyngei, die ihn auch mit sammt dem Segel auf den Zungengrund und den Kehlkopf pressen. Unterstützend wirkt der M. kerato-hyoid. brevis. Durch die Contraction der Mm. palato-phar. entstehen die Seitenwülste neben dem Gaumensegel.

f) Der Pterygo-pharyngeus wirkt mit dem Levator veli palat. wie ein Kreuzband und presst die hintere obere Rachenhöhlenwand auf den Bissen. Hierdurch und durch die Contraction der Mm. hyo-, thyreo- und crico-pharyng. wird der Bissen durch den Schlundkopf hindurch in den Schlund gepresst.

g) Die Inruheführung der beim Schlingen thätigen Theile geschieht für den Kehlkopf durch den Hyo-epiglotticus, für die Zunge durch Omo- und Sterno-hyoideus, Sterno-thyreoideus, für die Rachenhöhle und Schlundkopf durch den Genio-hyoideus

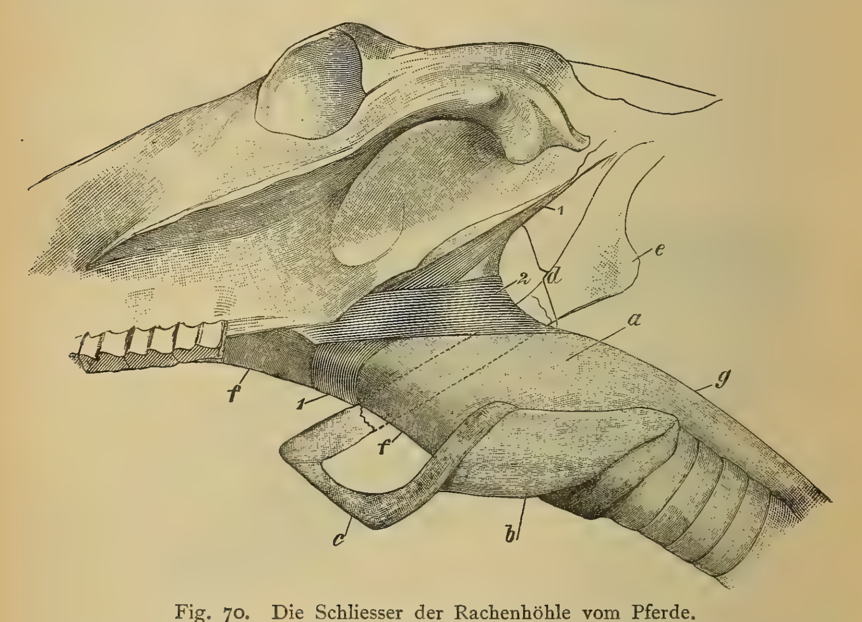


Fig. 70. Die Schliesser der Rachenhöhle vom Pferde.
1 hinterer, *2* vorderer Schliesser der Rachenhöhle (levator veli pal. und pterygo-pharyngeus). *a* Schlundkopf im engeren Sinne, *b* Kehlkopf, *c* Zungenbein, *d* Rachenhöhle im engeren Sinne, *e* Gr. Zungenbeinast, *f* Gaumensegel, *g* Schlund.

und Stylo-pharyngeus (hebt die hintere Rachenwand und erweitert die Rachenhöhle), für das Zungenbein und den Kehldeckel durch den Masto-styloideus (zieht den grossen Zungenbeinast nach rückwärts und also Zungenbein und Kehldeckel in Ruhestellung) u. s. w.

Nerveneinfluss beim Schlingen. Die meisten Zungenmuskeln werden vom N. hypoglossus, der Mylo-hyoideus aber vom N. quintus versorgt. Die Muskeln des Gaumensegels erhalten Nervenfasern vom N. facialis und glosso-pharyngeus und die Kehlkopfmuskeln vom N. vagus; der Biventer, der beim Pferde Zungenbeinerheber ist, wird vom N. facialis und N. quintus versorgt. Die Schlundkopfmuskeln erhalten ihre Innervation vom Glosso-pharyngeus und Vagus. Das Schlingcentrum liegt in der Medulla oblongata. Reizung des N. laryng. sup. bewirkt den reflectorischen Schlingakt, während Reizung

des Glossopharyngeus ihn hemmt. Reizung des centralen Theiles der oralen vom N. quintus innervirten Fläche des Velum bedingt Schlingen (Wasilieff).

D. Bewegung des Bissens durch den Schlund. In Bezug auf das Verhalten des Schlundes beim Schlingen muss man unterscheiden zwischen dem Schlingen flüssiger resp. breiiger und weicher Nahrung und dem Schlingen fester Körper, fester und derber Bissen. Auch dürften Verschiedenheiten bestehen zwischen dem Schlingen des Menschen und der Thiere mit kurzem Schlunde einerseits und dem der Thiere mit langem Schlunde andererseits.

Nach Kronecker und Melzer erfolgt die Schluckbewegung beim Menschen bei Aufnahme flüssig-breiiger Nahrung in einem Acte. Durch

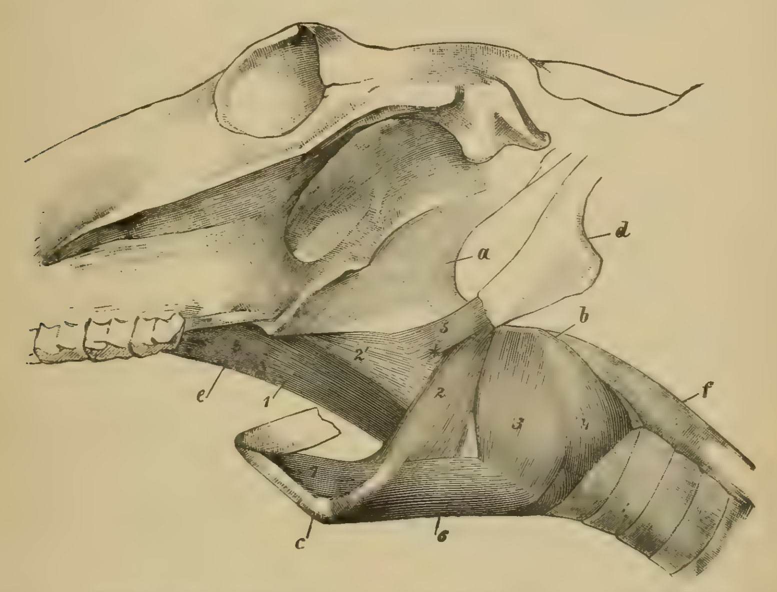


Fig. 71. Muskeln des Gaumensegels, der Rachenhöhle und des Schlundkopfes vom Pferde.

a Nasenrachen, *b* Kehlkopfsrachen, * Grenze zwischen beiden, *c* Zungenbein, *d* grosser Zungenbeinast, *e* Gaumensegel, *1* M. palatinus, *2* M. chondro-pharyngeus, *2'* M. palato-pharyngeus, *3* M. thyreo-pharyngeus, *4* M. crico-pharyngeus, *5* M. stylo-pharyngeus, *6* M. hyo-thyreoideus, *7* M. kerato-hyoideus.

die Einwirkung der mundwärts vom Oesophagus gelegenen Apparate wird der Schluck unter relativ hohem Drucke durch den luftdicht geschlossenen, als Spritzenraum dienenden Pharynx und durch den passiven (oder durch Wirkung der Spiralmusculatur klaffend erhaltenen) Schlund bis zur Cardia geschleudert (gespritzt). Bei diesem Acte wirken nur die Mm. mylo-hyoidei und hyo-glossi, welch' letztere den Abschluss des Kehlkopfs vermitteln. Erst wenn der Schluck an der Cardia angelangt ist, contrahirt sich die Pharynx- und Schlundmuskulatur. Dadurch werden die hängengebliebenen Speisereste nachgespritzt und dadurch

wird der Bissen durch die Cardia in den Magen befördert. Die dem Herunterspritzen des Bissens folgenden Schlundcontractionen geschehen in 3 Abschnitten, in jedem Abschnitt aber gleichzeitig. Der folgende Abschnitt contrahirt sich, ehe der vorhergehende die Contraction beendet hat. Während das orale Drittel des Schlundes mitten in der Contraction ist, beginnt schon das mittlere, und während dies die Höhe der Contraction erreicht beginnt das aborale Drittel sich zu contrahiren. Beim Schlingen contrahiren sich also 5 Muskelringe: zuerst der Mylo-hyoideus (mit seinen Gehülfen), dann die Gruppe der Pharynx-Constrictoren, dann die 3 Abschnitte des Schlundes.

Vom Beginn des Schluckens durch Contraction des Mylo-hyoideus bis zum Ankommen der Contractionswelle an der Cardia vergehen 6 Secunden, wenn nicht rasch ein 2. Bissen folgt. Bei rascher Folge der Bissen tritt eine Erschlaffung der nahe dem Magen gelegenen Partie des Schlundes und der Cardia ein; die Contractionswellen erreichen die Cardia nicht mehr. Das aborale Drittel und unter Umständen auch das mittlere Drittel ruhen. Die Masse des ersten Bissens wird durch das Nachdrängen der nachgespritzten Flüssigkeit und durch die eigene Schwere durch den magenwärts erschlafften Schlund und die erschlaffte Cardia in den Magen befördert. Bei sehr rasch folgendem Schlucken kann es sogar kommen, dass der ganze Schlund ein erschlafftes Rohr darstellt, durch welches schubweise Flüssigkeit geschleudert wird, wobei Mundhöhle und Rachen als Pumpwerk fungiren. Wird die Schluckfolge unterbrochen, dann folgt eine Contractionswelle, die bis zur Cardia reicht.

Die Hemmung der Contraction des aboralen Drittels oder zweiten Drittels oder des ganzen Schlundes bei rascher Schluckfolge, die bei Mensch, Hund und Kaninchen von Kronecker und Meltzer festgestellt worden ist, kann nur durch Vermittelung des centralen Nervensystems herbeigeführt werden. Die Hemmung erstreckt sich nicht auf diejenigen Contractionen, die bei Beginn des neuen Schlucks schon eingesetzt hatten, sondern nur auf diejenigen, welche nachher begonnen wurden. Da 1,2 Secunden nach Beginn eines Schlucks die Contraction des oralen Schlundabschnittes beginnt, so muss der 2. Schluck innerhalb dieser Zeit erfolgen, wenn er das Uebergreifen der Contractionswelle auf den Schlund hemmen soll; nur in diesem Falle trifft er einen schlaffen Oesophagus an.

Vom Beginn der Contraction des Mylo-hyoideus bis zu dem der Constrictoren verstreichen 0,3, von dem der Constrictoren bis zu dem des oralen Schlundabschnittes 0,9, von dem des ersten bis zu dem des zweiten 1,8 und von dem des zweiten bis zu dem des dritten 3,0 Secunden.

Bei Thieren mit langem Schlunde (z. B. Pferden) scheinen gleichzeitig 2—3 Bissen den Schlund durchwandern zu können, sodass der erste Bissen sich nahe der Cardia befindet, wenn der dritte schon in den Schlund eingetreten ist.

Die Bissen folgen einander in 20—30 Secunden; jeder Bissen braucht 70 bis

120 Secunden bis zum Magen (Colin). Bei diesen Thieren dürfte auch bei der Beförderung weicher Bissen die Schlundmuskulatur activ thätig sein. Die Wirkung der Mundhöhlenmusculatur dürfte nicht für die lange Bahn ausreichen.

Bei dem Befördern fester Bissen durch den Schlund muss eine peristaltische Bewegung der Schlundmuskulatur angenommen werden. Ob diese Bissen unaufhaltsam bis in den Magen getrieben werden, oder ob sie erst vor der geschlossenen Cardia liegen bleiben, um durch einen besonderen Act in den Magen befördert zu werden, ist eine noch offene Frage.

Für grosse Bissen ist der erwähnte Hemmungsmechanismus des Schlundes, der eine Erschlaffung der magenwärts gelegenen Schlundabschnitte bedingt, sehr wichtig. Sie werden durch die nachfolgenden Bissen durch den erschlafften Schlund in den Magen befördert, wenn sie hängen geblieben waren.

Bei dem Schlingakte werden gewisse Geräusche erzeugt, die man beim Auskultiren am Halse wahrnehmen kann. Wird viel Luft mit verschluckt, dann hört man das Kollern schon von Weitem. Bei genauer Beobachtung der Drosselrinne kann man bei Pferden und Wiederkäuern die Bewegung des Bissens mit dem Auge wahrnehmen. Dabei kann man zuweilen beobachten, wie ein (wahrscheinlich ungenügend eingespeichelter oder zu grosser) Bissen an einer Stelle liegen bleibt und erst beim nächsten Schlingact weiter geschafft wird. Auch der aufgelegte Finger kann das Passiren des Bissens feststellen.

Die Bedeutung der je nach der Thierart in Bezug auf die Natur der Schlundmuskulatur und den Drüsenreichthum der Schleimhaut gegebenen Verschiedenheiten (s. Histologie) ist noch nicht klargestellt. Man muss annehmen, dass der Bissen in einem Schlunde, dessen Muskelhaut aus quergestreiftem Muskelgewebe besteht (Wiederkäuer, Hund), anders bewegt wird als durch einen solchen, dessen distaler (aboraler) Abschnitt nur glatte Muskulatur enthält (Pferd, Schwein).

Innervation. Den Schluckbewegungen stehen der N. trigeminus und vagus namentlich der N. laryng. sup. vor, während der Glossopharyngeus die Hemmung vermittelt. Der Schlund wird vom N. vagus (Lungen- und Schlundgeflecht, N. pharyngeus und N. recurrens) versorgt. Lähmung des Vagus hat Lähmung des Schlundes in der oberen und Krampf in seiner unteren Partie zur Folge. Pferde mit durchschnittenem Vagus konnten noch schlingen, Hunde dagegen nicht (Fr. Müller). Reizungen des N. laryngeus sup. und zuweilen auch des N. recurrens und des Gaumensegels (N. recurrens) rufen Schlingbewegungen hervor. Schlundreizungen und Reizungen des N. IX hemmen das Schlucken. Die Schlundmuskulatur ist postmortal länger erregbar als Körper-, Herz- und Eingeweidemuskulatur. Bei Reizungen des Vagus sah ich Contractionen der Schlundmuskulatur eintreten. — Beim Schlingen eines Schlucks Wasser tritt eine Erregung der Hemmungsnerven des Herzens ein; der Herzschlag setzt aus (Kronecker).

Die zeitlichen Verhältnisse der Nahrungsaufnahme, des Kauens und Schlingens. Das Kauen und Schlingen erfolgt gewissermassen gleichzeitig. Das Schlingen erfolgt während des Kauprocesses in einem Momente, in welchem die Backzahnreihen sich aneinander pressen, und das Kauen einen Augenblick sistirt. Die Nahrungsaufnahme geschieht in der Regel dann, wenn das Vorhergehende abgeschluckt ist. Die ruminirenden Thiere nehmen in der Zeiteinheit bedeutend grössere Quantitäten Nahrung und grössere Bissen (4—6 *cm* Durchmesser) auf als die nicht ruminirenden Pflanzenfresser. Das Pferd macht 70—80 Kieferschläge in der Minute. Das Kauen eines Bissens (von 2—$2^1/_2$ *cm* Durchmesser) dauert 25—40 Sekunden (30—50 Kieferschläge). Bei lebhaftem Appetite schlingt das Pferd in einer Viertelstunde ca. 30, bei

geringerem Appetit 10—14 Bissen, von denen jeder ca. 20—100 *g* wiegt. Demnach folgen die Bissen zu Beginn der Mahlzeit viel schneller aufeinander (alle 20 bis 30 Sekunden) als später (alle 70—100 Sekunden). Bei alten Thieren und verminderter Speichelsecretion findet das Kauen und sonach das Schlingen langsamer statt. Unterband man einen Stenson'schen Gang, dann formirte das Thier noch in 30 bis 45 Sekunden bei 30—50 Kieferschlägen einen Bissen, unterband man beide Parotiden, dann dauerte dies 45—115 Sekunden bei 40—114 Kieferschlägen (Colin). Zum Fressen von 500 *g* Hafer gebrauchten die beobachteten Pferde 8, 9, 9, 10, 12, zum Fressen von 1/2 *kg* Heu 12, 18, 20, 22, 28, 30 und zum Fressen von einem Gemisch 4 *kg* Hafer und 1/4 *kg* Häcksel 12, 13, 14, 14, 16 Minuten; zur Aufnahme von 1 *kg* Hafer und 200 *g* Häcksel 7, 11, 15 Minuten (Ellenberger).

Das Rind formirt in 1/3 Minute einen grossen Bissen und schlingt in 1/3 Minute mehr als ein Pferd in einer ganzen Minute. Die Zahl der Kieferschläge beim Kauen betrug beim Schafe 5—12, beim Rinde 10, 11, aber auch 20—30 Kieferschläge bei Darreichung einer Hand voll Heu. Beim Saufen macht das Pferd in der Minute 60—90 Schluck, jeder zu 150—250 *g*. Ein Pferd nahm in 45 Sekunden 9 1/2, ein anderes 13 *l* Wasser in 55 Schlucken, ein anderes in 50 Sekunden in 40 Schlucken 15, ein viertes in 29 Sekunden 10, ein fünftes in 40 Sekunden in 50 Schlucken 8,5 *l*, ein sechstes 10 *l* in 35 Sekunden mit 50 Schlucken, ein siebentes 13 *l* in 30 Sekunden mit 40, ein weiteres 13 *l* in 40 Sekunden mit 51, ein weiteres 11 *l* in 55 Sekunden mit 61, ein anderes 2 *l* in 12—14 Sekunden mit 15 bis 16 Schlucken auf (Ellenberger). Die Flüssigkeiten gleiten rascher durch den Schlund als feste Nahrung. —

Das Rind befördert mit einem Schluck 500—700 *g* Wasser in den Magen. Ein Rind nahm mit 6—8 Schluck in 6—10 Sekunden 5—6 *l* Wasser auf (Ellenberger).

Bei Hunden beobachtete man, dass ein Schluck Wasser 4 - 5, ev. 5—6, ein Schluck feuchter fester Körper 9, ein Bissen trockener Nahrung 11 Sekunden bedarf, um in den Magen zu gelangen.

5. Mechanische Functionen des Magens.

A. **Magenbewegungen bei einmagigen Thieren.** Dieselben sind von Haller zuerst definitiv nachgewiesen, aber auch schon von Erasistratus gesehen worden. In neuerer Zeit sind dieselben von Magendie, Schiff, Schwartz, Schütz, Hofmeister, Oppenheimer und vielen Anderen studirt worden. Sie bestehen im Wesentlichen in Knetbewegungen, die peristaltisch und antiperistaltisch ablaufen. In neuester Zeit ist man zu der Ansicht gelangt, dass der Magen in 2 motorisch selbständige Abschnitte, den Cardia- und den Pylorustheil, zerfällt und dass ausserdem auch noch die Muskulatur an den Magenpforten, an der Cardia und dem Pylorus, selbständig functionirt. —

Nach einer Mahlzeit tritt zuächst die Peristole ein, die in einer gleichmässigen, anhaltenden Contraction des Magens, ohne weitere Bewegungen besteht, bei welcher Pylorus und Cardia geschlossen sind und also keine Magenentleerung stattfindet. Der Peristole folgen leichte Wellenbewegungen am Pylorus und am Cardiatheile, während sich in der Magenmitte oft tiefe Einschnürungen bilden. Die Pyloruswellen beginnen am Duodenum, schreiten bis zur Magenmitte vor und laufen dann wieder zurück. Die Cardiawellen gehen von der Cardia zur Magenmitte

und wieder zurück zur Cardia, sie sind schwächer als die Pyloruswellen; manchmal ruht die eine Magenhälfte, während die andere Wellenbewegungen vollzieht.

Mit der fortschreitenden Verdauung werden die anfangs schwachen Wellenbewegungen stärker und befördern die flüssig und dünnbreiig gewordenen Theile des Mageninhaltes durch den sich öffnenden Pylorus in den Darm. Die Magenentleerung findet allmählich, in Portionen, statt und nicht etwa auf einmal (nach Abschluss der Magenverdauung). Die Natur der Nahrung entscheidet über den Zeitpunkt, zu welchem sich der Pylorus öffnet und die ersten Theile der Nahrung in den Darm übertreten lässt (s. unten). In den späteren Stunden der Verdauung schliesst sich der Pylorus meist wieder und hält den Inhalt längere Zeit (s. unten) zurück. Die Verschiedenheiten der Magenentleerung der einzelnen Hausthierarten sind noch nicht genau bekannt. Es kommen bei demselben Thiere und bei gleicher Nahrung sehr erhebliche Verschiedenheiten in Bezug auf die Beförderung des Mageninhaltes in den Darm vor (s. unten).

Ueber die Ursachen und den mechanischen Vorgang der Pylorusöffnung sind die Meinungen noch getheilt. Viele Autoren vermuthen die Ursache des Oeffnens des Pylorus in einem bestimmten Säuregehalt des Mageninhaltes; sobald dieser erreicht ist, tritt eine Reizung der Magen- (Pylorus-) Schleimhaut ein, welche die reflectorische Oeffnung des Pylorus zur Folge hat. Bei demselben Nahrungsmittel kann sonach die Oeffnung zu verschiedenen Zeiten, je nachdem der procentische Säuregehalt früher oder später nach der Mahlzeit erreicht wird, eintreten. Nach Oppenheimer geht aber der Oeffnungsreiz vom Darm aus; Reize, welche den Darm treffen, bewirken eine schnellere Entleerung des Magens als solche, die letzteren selbst treffen. Der normale physiologische Reiz ist in der Anämie gegeben, die in dem bei geschlossenem Pylorus leer werdenden Darm eintritt. Die Anämie veranlasst die am Duodenum beginnende und gegen den Magen vorschreitende Contraction der Oeffnungsmuskulatur des Pylorus (Sappey, Rüdinger, Klausner, H. Meyer, Oppenheimer u. A.). Der geöffnete Pylorus schliesst sich bald wieder. Sonach findet die Oeffnung des Pylorus in Absätzen, zwischen denen Pausen von verschiedener Dauer liegen, statt.

Nach Openchowski sind das Oeffnen und Schliessen der Cardia und des Pylorus ganz unabhängig von den übrigen Magenbewegungen. Er bemerkt, dass sich zwischen dem mittleren und dorsalen Drittel des Magens eine tiefe Einschnürung bildet, die während der Verdauung bestehen bleibt und dass von ihr aus Contractionswellen zum Pylorus ablaufen, dass dagegen gegen die Cardia hin keine Bewegung stattfindet.

Bei der Füllung des Magens mit Nahrungsmitteln muss sich derselbe bedeutend in seinen Wänden ausdehnen. Dies ist ermöglicht durch eine grosse Dehnbarkeit der vollkommen elastischen Magenwand, durch eine sehr lockere Submucosa, eine faltige Mucosa und dadurch, dass beim Pferde eine Stelle an der kleinen Curvatur keine Serosa

besitzt, während dieselbe an der grossen Curvatur nur locker befestigt ist. Bei der Füllung des Magens verschwinden die Schleimhautfalten im Innern und die aussen am Magen bemerkbaren Rinnen und Furchen; dabei werden die Fasern gespannt, die geschlängelten Blutgefässe gestreckt und stark angefüllt, die Circulation wird lebhafter. Die (z. B. am leeren Magen des Pferdes meist sehr deutlichen) Trennungen der einzelnen Magenabschnitte der Hausthiere verschwinden.

Viele Autoren nehmen an, dass bei der Anfüllung des Magens eine Axendrehung, Rotation, desselben derart stattfinde, dass seine dorsale Wand zur caudalen, seine ventrale zur diaphragmalen wird, dass die grosse Curvatur ventral, die kleine dorsal gerichtet ist. Diese Rotation hat man für den Magen des Menschen, des Pferdes, des Hundes und des Schweines angenommen.

Eine unter meiner Leitung von H. Baum vorgenommene Untersuchung hat festgestellt, dass diese auch von Sussdorf bestrittene Magendrehung nicht stattfindet und dass die Magenaxen bei leerem und gefülltem Magen dieselben bleiben. Selbstverständlich ist es, dass bei der Füllung des Magens eine gewisse Verschiebung der grossen Curvatur und der Magenflächen eintritt; die Curvatur geht dann ohne Grenze in die Flächen über, sie verschiebt sich etwas nach links und rückt beckenwärts. Sie behält aber im Grossen und Ganzen ebenso ihre vorherige Richtung bei, wie die Magenflächen. Beim Menschen, Hunde und Schweine berührt der gefüllte Magen einen erheblichen Theil der Bauchwand; beim Pferde tritt dies aber nicht ein; er bleibt stets von der Bauchwand entfernt. — Bei sehr stark angefülltem Magen sind die Bewegungen des Zwerchfelles derart behindert, dass das Athmen nicht frei und leicht erfolgen kann.

B. **Bewegung der Nahrung im einfachen Magen.** Da in der ersten Zeit der Verdauung beide Magenpforten geschlossen sind, so wird der Mageninhalt hin- und hergeschoben und dabei mit dem Magensafte gemischt und verdünnt, ohne dass dabei aber eine wesentliche mechanische Zerkleinerung eintritt. Der Mageninhalt macht nicht, wie vielfach angenommen wird, eine rotirende Bewegung im Magen, er bewegt sich vielmehr derart, dass sich die in den Magen eintretenden Massen von der Cardia aus fächerartig nach allen Richtungen hin verschieben. Die Anfüllung des Magens findet ungefähr ebenso statt, wie die unter Kneten erfolgende Füllung eines todten Magens mit Wurstmassen. Die neu im Magen ankommende Nahrung schiebt die noch vorhandenen Massen vor sich her und drängt sie gegen den Pylorus, indem sie zuerst den Schlund- oder Cardiasack füllt und sich dann an der Magenwand entlang gegen den Pylorus hinschiebt. Ein kleiner Theil der Nahrung geht allerdings an der kleinen Curvatur entlang direct in den Darm über, ohne in den Cardia- oder Oesophagussack und ohne in die Fundusdrüsenabtheilung einzutreten.

Hieraus erklärt es sich, dass Theile einer neuen Mahlzeit unter Umständen früher in den Darm eintreten als ein erheblicher Theil des früher Genossenen. Es ist dies

namentlich der Fall, wenn zuerst zusammenhängende (Heu) und dann lockere Nahrungsmittel aufgenommen werden; es schieben sich dann die letzteren an den ersteren vorbei, so dass man zuweilen einen Heuballen einer früheren Mahlzeit mitten in dem bei einer späteren Mahlzeit aufgenommenen Hafer findet.

Bei den Magenbewegungen tritt keine Durchmischung verschiedener nach einander genossener Nahrungsmittel ein, wenn dieselben nicht

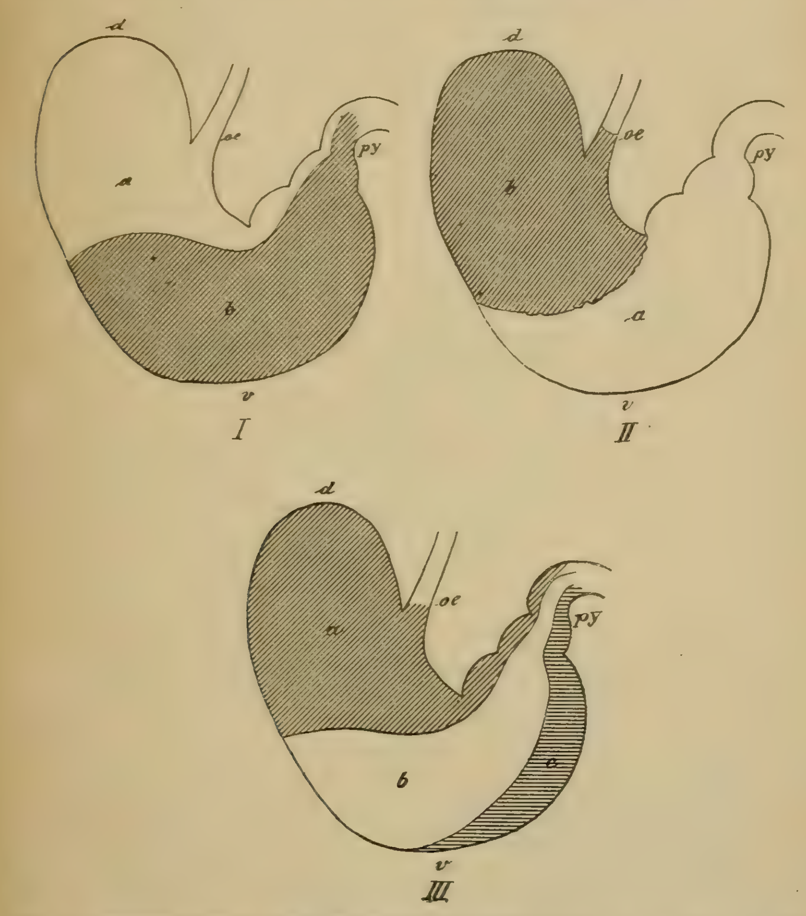


Fig. 72. Futterschichtung im Magen des Pferdes bei Verabreichung von Heu und Hafer. *I. a* Hafer, *b* Heu. *II. a* Hafer, *b* Heu. *III. a* letztes Futter, *b* Futter der vorhergehenden Mahlzeit, *c* Futter der drittletzten Mahlzeit (Heu).
In allen Figuren bedeutet *d* dorsal, *v* ventral, *oe* Oesophagus, *py* Pylorus.

flüssig oder sehr dünnbreiig sind. Festere Nahrungsmittel, als Körner, Stroh, Heu bleiben derart getrennt, dass man an der Schichtung im Magen deutlich erkennen kann, in welcher Reihenfolge dieselben verabreicht wurden (Fig. 72, *I, II, III*). An dieser Schichtung mehrerer hintereinander gegebener Nahrungsmittel, haben wir die Art der Magen-

bewegung und Magenfüllung erkannt. Wir haben hierüber zahlreiche Versuche angestellt. Die umstehenden Abbildungen geben Aufschluss über die Nahrungsbewegung im Magen, wie sie nach unseren Untersuchungen stattfindet (Goldschmidt, Ellenberger).

C. **Innervation des Magens.** Dieselbe ist Gegenstand vieler Untersuchungen gewesen (Schiff, Magendie, Brochet, Longet, Goltz, S. Mayer, Oppenheimer, Busch, Openchowski, Bastianelli, Hlasko, Knaut, Fraitzen und Andere).

Der eigentliche Bewegungsnerv des Magens ist der N. vagus. Dazu kommt der N. sympathicus, welcher hemmende und erregende Fasern für alle Theile des Magens enthält. Der Magen besitzt automatische Centren.

Nach Openchowski liegen die Verhältnisse wie folgt: An der Cardia befinden sich Ganglien; das Centrum für den Schluss derselben liegt in den Collic. post. der Eminent. quadrig., die Nervenfasern im Vagus, wenige im Brustsympathicus. Ein Centrum für die Cardiaöffnung liegt in der Verbindungsstelle des Nucl. caudat. mit dem N. lentif. und sendet seine Fasern (N. dilatator cardiae) in den N. vagus, ein zweites im Rückenmark, dessen Fasern in den Sympathicus eintreten; ein drittes Oeffnungscentrum der Cardia liegt in dem peripheren Hirngrau (fiss. cruciata). Das Schliess- oder Hemmungscentrum des Pylorus fällt mit den Oeffnungscentren der Cardia zusammen; das Oeffnungscentrum des Pylorus liegt in der Medulla oblongata. Der N. dilatator cardiae ist Schliesser des Pylorus. In den Vierhügeln liegt ein Centrum für Contraction des Pylorus. Am Pylorus liegen viele Ganglien, die nach Oppenheimer direct in den Auerbach'schen Darmplexus übergehen, aber mit den Ganglien der Magenwand nicht verbunden sind und sonach den Pylorus unabhängig vom übrigen Magen machen. Der Pylorus und die Cardia besitzen also je ein besonderes Nervensystem aus centripetalen und centrifugalen Nerven, aus Nervi constrictores und N. dilatatores.

In der eigentlichen Magenwand sind die Ganglien spärlich. Das Bewegungscentrum liegt in den Vierhügeln, das Hemmungscentrum im Rückenmark; das letztere sendet seine Fasern in den Sympathicus, das erstere in den Vagus und z. Th. in den Sympathicus. Reizungen des N. vagus rufen Magen- und Pylorusbewegungen hervor. — Reizungen der Magenschleimhaut und Lufteinwirkung auf die Aussenfläche des Magens bedingen Contractionen der Magenwand. Anämie hemmt die Magenbewegungen. Auch psychische Beeinflussungen der Magen- und Pylorusbewegungen sind festgestellt worden. — Bei und unmittelbar nach Vagusdurchschneidungen sah ich mehrfach Brechbewegungen und Erbrechen eintreten.

D. **Ueber Besonderheiten bei den Wiederkäuern.** Die Besonderheiten bei den Wiederkäuern bestehen, in Bezug auf die vorstehend besprochenen Vorgänge, soweit dieselben nicht schon angegeben wurden, im Wesentlichen darin, dass die nach der Aufnahme nur ganz oberflächlich gekaute und abgeschluckte Nahrung nicht in einen echten Drüsenmagen, sondern in Vormägen gelangt, aus welchen sie nach einiger Zeit, nachdem sie dort gewisse Veränderungen erlitten hat, wieder nach der Mundhöhle geschafft, dort nochmals und zwar gründlich gekaut und eingespeichelt und dann abermals abgeschluckt wird. Das zweite Kauen bezeichnet man als das Wiederkauen. Dieser Act ist für die Wiederkäuer bei naturgemässer cellulosereicher Nahrung unbedingt nothwendig; sein Vorhandensein ist ein Zeichen von Gesundheit. Unter-

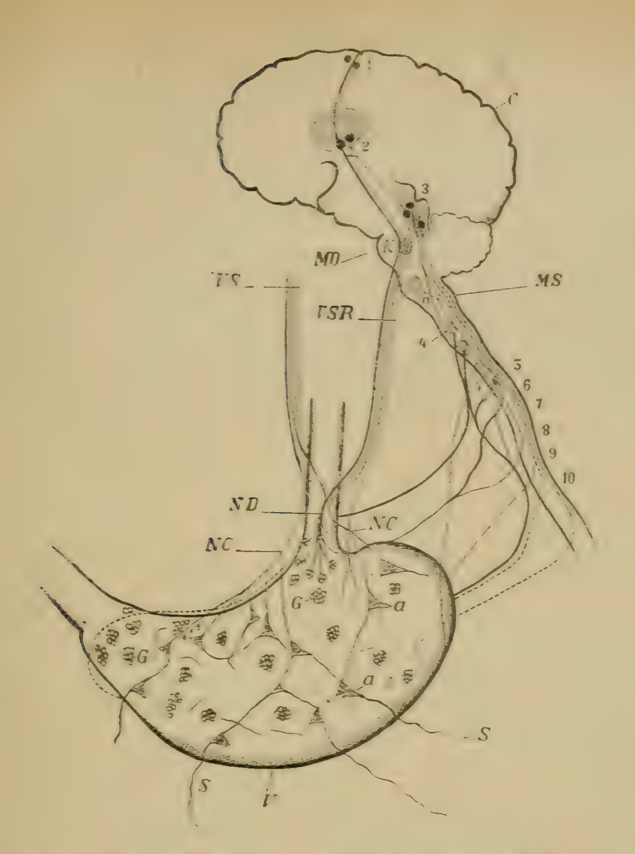


Fig. 73. Innervation des Magens. Schematisch. Nach Openchowski.

———————— Die Bahnen für Cardia.
—·—·—·—· Die Bahnen für Magenwand.
------------- Die Bahnen für Pylorus.

C Das grosse Hirn, *V* Magen, *MO* Medulla oblongata, *MS* Rückenmark, *5* bis *10* Brustwirbel. *VSR* Vagusstamm (rechte, hintere) mit Fasern für Dilatator und Constrictores Cardiae, für Magenwand und Pylorus, *ND* Nerv. dilatator cardiae, *NC* Nervi constrictores. Nach Durchschneidung derselben über dem Magen bleiben nur die Fasern des Dilatators übrig. *a* Auerbach'sches Geflecht, *G* von Openchowski gefundene Ganglien, *SS* die Fasern, welche, von dem sympathischen Geflecht kommend, in die Magenwand, und zwar in den Auerbach'schen Plexus hineingehen.

1 Sulcus cruciatus mit Centrum für Cardia und Pylorus, *2* Corpus striatum und Linsenkern mit Hauptcentren für Cardia und Pylorus, *3* Corp. quadrigemin. mit Centren für alle Theile des Magens, *K* Vaguskern, *O* Olive, *4 4* Rückenmarkscentren für die Oeffnung der Cardia.

Bis zum *5*. Brustwirbel treten die Fasern (hemmende) für Cardia und oberes Drittel des Magens aus. Vom *5*. bis *8*. kommen die contrahirenden Fasern für Cardia und Magenwand. Bis zum *10*. strahlen die contrahirenden (wenig) und hemmenden Fasern für den Pylorus aus. Unterhalb des *10*. nur die contrahirenden Bahnen für denselben.

NB. Klarheitswegen ist Brust- und Bauchsympathicus nicht gesondert gezeichnet.

drückung desselben bedingt den Hungertod, selbst wenn der Pansen angefüllt ist. Bei Ernährung mit Milch und zarten, weichen, gut zerkleinerten, breiigen Stoffen tritt keine Rumination ein. Auch Körner werden in der Regel nicht ruminirt. Sie verfallen in den 2 ersten Vormägen Macerations- und Fermentationsvorgängen und werden dann als weiche breiige Masse in den 3. Magen befördert.

Der Ruminationsvorgang zerfällt in 3 Acte, 1. die Rejection der Inhaltsmassen der Vormägen in die Mundhöhle, 2. das gründliche Kauen und Einspeicheln des Rejicirten, 3. das Schlingen des Wiedergekauten. — Das Ruminiren kann nur erfolgen, wenn der Pansen bis zu einem gewissen Grade gefüllt ist. Sowohl bei zu geringer wie bei zu bedeutender Füllung ist die Rumination unmöglich. Deshalb können Wiederkäuer trotz des Vorhandenseins von Nahrung im Pansen den Hungertod sterben. Auch das Vorhandensein einer gewissen Flüssig-

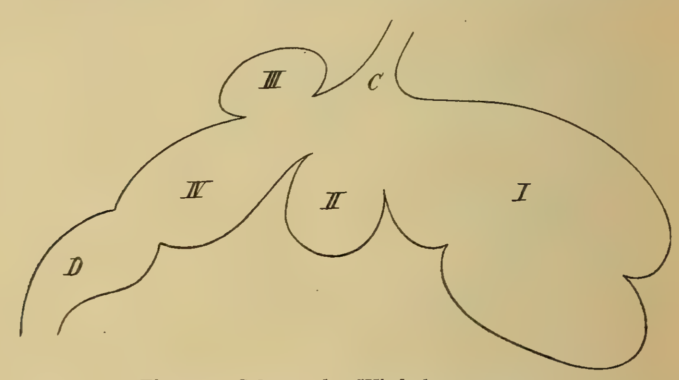


Fig. 74. Schema der Wiederkäuermägen.
C Cardia, *D* Duodenum, *I* Pansen, *II* Haube, *III* Psalter, *IV* Labmagen.

keitsmenge in den Vormägen ist zum Ruminiren nothwendig. Daraus erklärt sich wohl das anhaltende Secerniren der Parotiden der Wiederkäuer.

Wenn die Parotidensecretion sistirt, oder der Abfluss des Parotidensecretes in die Vormägen gehindert ist, hört bald das Wiederkauen wegen Eintrocknens des Vormageninhaltes auf. Wenn aus irgend einem Grunde das Wiederkauen längere Zeit sistirt, dann trocknet der Panseninhalt ein, wodurch das spätere Ruminiren unmöglich wird.

Kauen und Schlingen und Eintritt der Nahrung in den Wiederkäuermagen. Die Wiederkäuer kauen die Nahrung nur oberflächlich und schlingen dieselbe in grossen Bissen ab. Die Nahrung gelangt, da die Schlundöffnung zu $^2/_3$ in die Höhle des Pansens und zu $^1/_3$ in die der Haube mündet, in beide Vormägen und zwar in den Pansenvorhof und in die Haube (Haubner, Colin, Flourens, Ellenberger u. A.).

Grössere Bissen sollen wesentlich in den Pansen, kleinere Bissen aus gut zerkleinerten, weichen Nahrungsmitteln dagegen in die Haube fallen und von dort in den Psalter befördert werden. Manche Autoren nehmen an, dass alles zunächst in die Haube kommt.

Kleine Mengen von Hafer, Brod und weichen Futtermassen scheinen (durch die Haube oder die Schlundrinne) direkt in den Psalter einzutreten, ohne in den Pansen zu gelangen (Schell).

Flüssigkeiten treten zum Theil in die Haube ein und von dieser in den Pansen. Ein Theil aber fliesst die Schlundrinne entlang direct in den Psalter und wieder ein Theil hiervon direct durch den Psalter (die Psalterrinne entlang) in den Labmagen, sodass also beim Trinken die Flüssigkeit zugleich in alle 4 Mägen eintritt. Die in kleinen Schlucken genommene Flüssigkeit soll, ohne in die Haube und den Pansen zu gelangen, direct durch den Psalter in den Labmagen eintreten.

Mir ist es zweifellos, dass beim Trinken stets ein Theil der Flüssigkeit direct in den Psalter eintritt, und durch die Psalterrinne weiter nach dem Labmagen abläuft. Die Schlundrinne stellt einen nach unten offenen, an der dorsalen Haubenwand liegenden, an den Schlund anschliessenden Halbkanal dar. Flüssigkeiten und ganz dünnbreiige Massen, welche, wie dies beim Schlingen der Fall ist, mit einer grossen Geschwindigkeit durch den Schlund gegen die kurze Schlundrinne getrieben werden, müssen auch diese durchlaufen, trotzdem ihr die untere Wand fehlt. Wir können diese Thatsache an jedem Rohr constatiren, dessen untere Seite man stellenweise entfernt hat. Die durch das geschlossene Rohr mit einer Spritze getriebene Flüssigkeit geht mit geringem Verlust auch durch den Halbkanal. Auch durch Eingeben färbender Substanzen habe ich mich überzeugt, dass die eingegebenen Flüssigkeiten die Schlundrinne theilweise entlang laufen.

Auch Colin, Flourens, Schell u. A. haben die Bewegung von kleinen Flüssigkeitsmengen durch die Schlundrinne beobachtet. Es sei übrigens bemerkt, dass sich die Schlundrinne bei Reizungen und also auch bei der Reizung durch den Bissen stark contrahirt, so dass sich ihre Enden und ihre Lippen einander nähern, der Kanal enger und kürzer und die Lippen höher werden.

Nahrungsbewegung in Pansen und Haube. Die in die Haube und den Pansen-Vorhof gelangten festeren Massen werden in den linken Pansensack, und damit in den grossen Pansenraum geschafft. Im Pansen, der ebenso wie die Haube niemals leer wird, werden die Inhaltsmassen hin und her geworfen, gründlich unter einander und mit dem aufgenommenen Wasser und abgeschluckten Speichel durchmischt und aufgerührt. Massen, die vorn liegen, gelangen nach hinten, hinten liegende nach vorn, die unten liegenden nach oben und umgekehrt.

Die Pansenbewegungen können deshalb ausgiebig wirken, weil die gewaltigen, sich mächtig contrahirenden Muskelpfeiler mit ihren Ausläufern den Pansen in kleinere, leicht contrahirbare Abschnitte zerlegen.

Die älteren Autoren beschreiben eine regelmässig rotirende Bewegung des Panseninhaltes von vorn und links durch den linken Sack nach hinten, durch den Blindsack nach rechts und durch den rechten Sack wieder nach vorn und stützen sich dabei auf das Vorkommen runder Haarbälle im Pansen u. A. (Flourens, Chabert, Fürstenberg, Gurlt, Haubner u. A.). Bei den von mir angestellten Vagusreizungen liefen die Contractionswellen häufig vom Schlunde auf den linken Sack und dann von links hinten nach rechts vorn; am schärfsten traten die Contractionen am rechten Sack hervor.

Die normalen Bewegungen des Pansens und seines Inhaltes sind am lebenden Thiere von aussen durch den Gesichts-, Tast- und Hör-

sinn zu constatiren. Bei gesunden Thieren sieht das beobachtende Auge Hebung und Senkung der Flanken, Hervortreten und Zurücktreten der Hungergruben; die aufgelegte Hand fühlt langsam vorschreitende Wellen- resp. Knetbewegungen und das angelegte Ohr vernimmt Knister- und Reibegeräusche.

Das Wiederkauen. A. Aeussere Erscheinungen. Einige Zeit (beim Schafe 20—30, ja bis 45, beim Rinde 30—70 Minuten) nach beendigter Mahlzeit tritt das Ruminiren ein, wobei die Thiere gewöhnlich mit aufrecht getragenem Hals und Kopf (s. Bewegungslehre) liegen; sie können aber auch im Stehen, ja sogar bei leichter Arbeit ruminiren. Sie befinden sich dabei in einer Art Halbschlummer und halten die Augen halb geschlossen; dabei ist das Athmen und der Herzschlag beschleunigt. Vor jeder Rejection beobachtet man ein tiefes Einathmen, welchem ein kurzes Anhalten des Athmens (Feststellen der Rippen und des Zwerchfelles im Inspirationszustande bei geschlossener Glottis) mit Dehnung der Bauchmuskeln folgt; darauf tritt eine kräftige Contraction der Bauchmuskeln mit kurzem Heben der Bauchwand ein; das Auge bemerkt sonach eine deutliche Inspirationsbewegung der Flanke, der rasch eine Exspirationsbewegung der Bauchmuskeln folgt; dabei hört man meist einen kurzen dumpfen Ton. Sogleich bemerkt man, während das Thier Hals und Kopf leicht streckt, eine aufwärts steigende Wellenbewegung in der Drosselrinne (das Aufwärtssteigen des Bissens) und den Eintritt von Kaubewegungen. Das Hineinschaffen des Bissens bis in den Mund geschieht ausserordentlich schnell. Die Aufwärtsbewegung des Bissens kann auch gefühlt und beim Anlegen des Ohres an die Drosselrinne auch gehört werden. Während der ersten Kaubewegungen beobachtet man eine rücklaufende Wellenbewegung in der Drosselrinne (Fürstenberg, Schwab und Colin), welche, wie man durch Auscultation und Palpation constatiren kann, durch eine gewisse Menge nach dem Magen abfliessender Flüssigkeit veranlasst wird.

Das Kauen geschieht mit sehr bedeutenden Seitwärtsbewegungen der Mandibula, entweder nur rechts oder nur links oder regelmässig oder unregelmässig alternirend. Merkwürdigerweise erfolgen erst einige Kieferschläge auf der einen Seite, während der Bissen dann auf der anderen Seite gekaut wird. Während des Kauens sind noch einmal oder öfter Schlundbewegungen, die wohl von abfliessenden Flüssigkeiten und aufsteigenden Gasen herrühren, zu beobachten. An dieser Stelle sei nebenbei bemerkt, dass alle Wiederkäuer sehr häufig rülpsen und dass dieselben das Rülpsen nicht unterlassen können, ohne zu erkranken (s. unten).

Der rejicirte Bissen wird während des sehr sorgfältigen Kauens gründlich eingespeichelt, wobei allerdings die Secretion der Submaxillardrüsen sistirt (Colin, Ellenberger, Eckhart, Brettel), und dann von Neuem abgeschluckt, wobei die linke Hungergrube etwas vortritt (durch eine Pansenbewegung nach links). Der ganze Act dauert 50 bis 70 Secunden. 3—5 Secunden später ist ein neuer Bissen im Munde.

Das Abschlucken und Aufsteigen des Bissens geht also ausserordentlich schnell vor sich. Dies ist deshalb möglich, weil der Schlund der Wiederkäuer sehr weit und sehr dehnbar ist, und die Nahrungsmittel sehr wasserreich, weich und schlüpfrig sind. Der reiche Gehalt an Wasser giebt sich durch Flüssigkeitsgeräusche im Schlunde zu erkennen.

Die Verarbeitung (Hinaufschaffen, Kauen und Abschlucken) eines Bissens währte, wie ich beobachtete, 35—70, im Mittel 43—50 Secunden. Der rejicirte Bissen wiegt ungefähr 100—120 *g*.

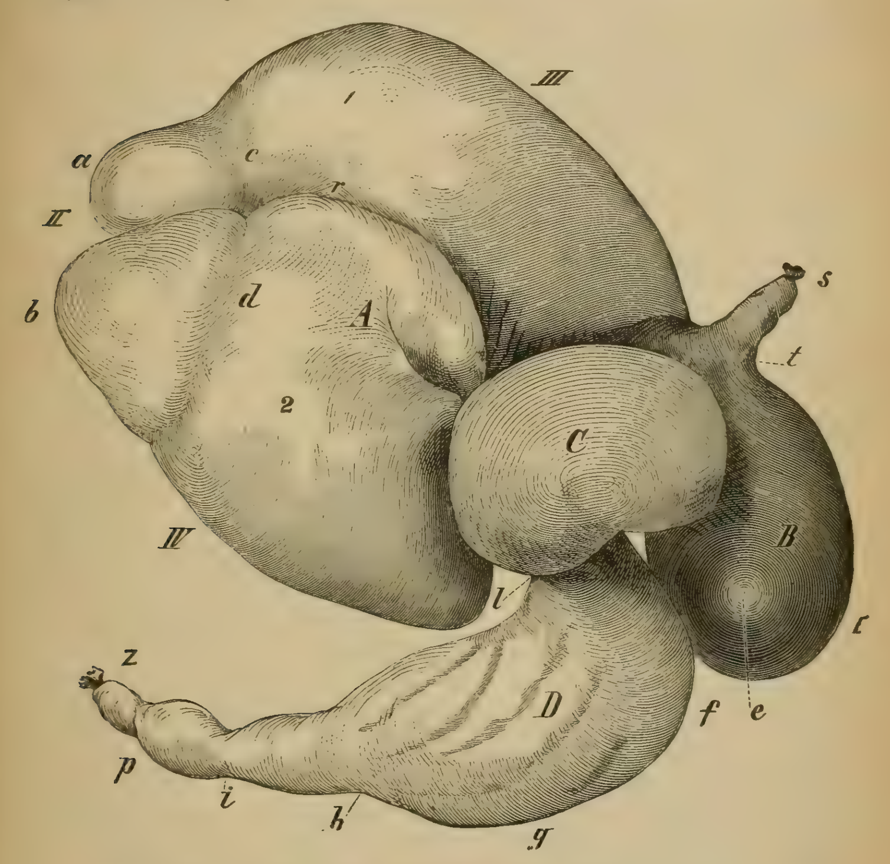


Fig. 75. Magen eines einjährigen Bullen (Fürstenberg).
A Pansen, *B* Haube, *C* Psalter, *D* Labmagen. *l* linker, *r* rechter Pansensack, *s* Schlund, *t* Magentrichter (Pansenschlundkopf), *p* Pylorus *I* orales, *II* aborales Ende, *III* dorsaler, *IV* ventraler Rand des Pansens.

Die Zahl der Kieferschläge beim Wiederkauen betrug bei den von mir beobachteten Rindern im Mittel 35—50 (ausnahmsweise hat man 70—90 Schläge gezählt) und beim Schafe 50—60. Junge Thiere machen mehr Kieferbewegungen als alte.

Das Wiederkauen währt je nach der Grösse der Mahlzeit verschieden lange und findet gewöhnlich (nach meinen Beobachtungen) 40—50 Minuten lang bei Rindern und Schafen ununterbrochen statt;

dann folgt eine Pause von verschiedener Dauer, nach welcher das Wiederkauen fortgesetzt wird. Bei Ernährung mit Heu, Stroh u. dergl. sind täglich 6—8, selbst mehr Wiederkauperioden (von je 40 bis 50 Minuten Dauer) zu beobachten. Das gesammte Wiederkauen nimmt 6—7 Stunden des Tages in Ansprnch. Dabei werden 40—60 *kg* Panseninhalt ruminirt. Wenn eine Wiederkauperiode beendet ist, leckt das Thier mit der Zunge das Flotzmaul, die Nase und die Nasenlöcher und verfällt dann in einen schlafähnlichen Zustand, wenn es nicht durch äussere Verhältnisse an letzterem gehindert wird.

Bei kranken, sehr müden, abgetriebenen Thieren und bei Thieren, die sich nach dem Jungen sehnen, sehr aufgeregt sind u. dergl. findet das Wiederkauen sehr unregelmässig oder eine Zeit lang gar nicht statt.

B. Innere Vorgänge beim Wiederkauen. 1. **Die Rejection des Bissens**, welche übrigens nur bei einer gewissen Füllung des Pansens möglich ist, ist wesentlich die Folge einer rhythmischen Thätigkeit des Pansenvorhofs und des Magentrichters. Man beobachtet bei ihr Contractionen der Haube, des Pansens und der Bauchmuskeln bei Inspirationsstellung des Zwerchfells.

Die Contraction der Bauchmuskeln presst den Pansen und die Haube gegen das angespannte Zwerchfell und unterstützt dadurch die Rejection.

a) Die der Rejection vorhergehende Füllung des Vorhofs und der Haube geschieht durch Contractionen der Pansenwand, welche in ihrer Wirkung durch die Bauchpresse unterstützt werden.

b) Das rhythmisch erfolgende Eintreiben von Inhaltsmassen der ersten Mägen in den Schlund geschieht durch die Contraction der Muskulatur des Magenvorhofs, vielleicht unterstützt durch Contractionen der Haube.

Der Magenvorhof ist durch den vorderen Pansenpfeiler vom übrigen Pansen abgetrennt und dadurch zur Bewegung seiner Inhaltsmassen sehr geeignet. Der Pfeiler hebt bei seiner Contraction den Vorhof und den Pansen schlundwärts.

c) Die Bildung des Rejectionsbissens geschieht durch rhythmisch erfolgende, plötzliche und kurz dauernde Contractionen des Magentrichters. Die Thatsache, dass beim Wiederkauen nur ein Bissen in den Schlund gelangt und in ihm in die Höhe steigt, während bei dem verwandten Brechakt grosse Massen im Schlunde aufsteigen, findet darin ihre Erklärung, dass beim Wiederkauen die Contractionen der Muskulatur des Wanstvorhofs und der Haube nur von ganz kurzer Dauer sind und namentlich aber auch darin, dass vom sogenannten Pansenschlundkopf (Pansentrichter), dessen Schleimhaut von den eintretenden Massen gereizt wird, durch eine plötzliche Contraction (deren Wirkung vom rechten Zwerchfellpfeiler unterstützt wird) ein Theil des vorgeschobenen Futters, d. h. ein Bissen abgekniffen, gewissermassen abgebissen wird, während die anderen Massen in den erschlaffenden Vorhof, welchem der Pansen (oder die Haube) gleichzeitig neue Massen zuführt, zurückweichen. Der Bissen steigt in dem Schlunde in die Höhe und gelangt durch den Schlundkopf in die Mundhöhle. Beim Durchtritt durch den Schlundkopf und den Isthmus faucium

wird der Bissen derart gepresst, dass er einen Theil seiner Flüssigkeit, der im Schlunde (nach dem Psalter) herabfliesst, verliert.

Das Verhalten des Schlundes bei der Rejection ist unbekannt. Wahrscheinlich wird derselbe durch den Anzug der Spiralmuskulatur geöffnet und verkürzt, sodass der Bissen durch die gewaltige Contraction des Magentrichters bis in die Rachenhöhle geschleudert wird, woselbst sich die Schlundkopfmuskulatur über ihm contrahirt und ihn in die Mundhöhle treibt. Dem aufsteigenden Bissen folgt die antiperistaltische Schlundbewegung zur Beseitigung der etwa hängengebliebenen Reste.

In Bezug auf die anderen in Betracht kommenden Theile ist zu bemerken, dass das Gaumensegel gehoben und gespannt, die Choanen, Tuben und der Kehlkopf abgeschlossen, der Zungengrund durch den M. genioglossus herabgezogen ist.

2. **Das Kauen** geschieht langsam und gründlich. Während des Kauens fliessen 2—3 Schluck Flüssigkeit (Parotidensecret) nach dem Magen ab.

3. Das zweite **Schlingen** zeigt nichts Besonderes. Der wiedergekaute Bissen glangt in der Regel durch die Schlundrinne in den Psalter. Dies ist möglich, weil die Schlundrinne verengt und verkürzt, der Psalter also nahe an die Schlundöffnung herangeführt worden ist und weil die Lippen der Schlundrinne höher und dicker und steifer geworden sind, weil also die ganze Schlundrinnenmuskulatur in Thätigkeit ist. — Vielleicht gelangt ein Theil des Rejicirten auch in die Haube oder gar in den Pansen. Grosse Bissen vermag die Schlundrinne nicht zu fassen.

Motorische Function der Haube. Die Haube vermag sich sehr bedeutend zu contrahiren; ihre Contractionen erfolgen (z. B. bei Vagusreizungen, Ellenberger) sehr rasch und bewirken ein Erheben der ventralen Theile des Organes. Dabei erfolgt eine Durchmischung und ein Heben des Inhaltes gegen die Schlund-, Psalter- und Pansenöffnung. Die Haube kann ihren Inhalt deshalb in den Pansen, in den Schlund und in den Psalter befördern und thut dies auch. — Bei der Rejection ist sie insofern betheiligt, als sie die zu ruminirenden Massen in den Vorhof, oder mit diesem gemeinsam wirkend, in den Magentrichter schafft. Die Haube ist zum Erheben des Inhaltes gegen die Pansen- und Psalteröffnung deshalb sehr geeignet, weil sie eine sehr starke Muskulatur besitzt, die Anfang und Ende (also die fixen Punkte) an der Schlundrinne (dorsal) findet und von dort aus die Haube in zwei Richtungen gurtartig umfasst. Durch die Contractionen der Haube können auch kleine Mengen grober Futtermassen direkt in den Psalter und über die Psalterbrücke in den Labmagen gebracht werden, ohne dass sie dem Wiederkauen verfallen (Schell).

Controversen. 1. Die Rejection des Bissens geschieht nach Colin durch die beiden ersten Mägen, indem der Wanst das Feste, die Haube, die während des Lebens sehr viel Wasser enthält, das Flüssige zu dem zu rejicirenden Bissen liefert; nach Störig, Lafor, Gellé, Chauveau, Fr. Müller u. A. geschieht es durch den Pansen allein, und nach Haubner, Schwab, Flourens, Gurlt, Berthold, Youat u. A. nur durch die Haube. Sie erklären, dass die Haube zu dem Vorgange besonders geschickt sei, weil sie mit einer sehr starken Muscularis ausgerüstet und verhältnissmässig klein ist. Der Pansen soll nach ihnen zu gross sein, um die Re-

jection geschickt bewirken zu können, während er ohne Mühe seinen Inhalt durch die grosse Haubenöffnung in die Haube hinüberschaffen könne. Auch die Thatsache, dass die von den Thieren mit der Nahrung aufgenommenen spitzen, fremden Körper in der Regel in der Haubenwand und zwar in der Richtung, in der sich der aufsteigende Bissen bewegt, festsitzen, soll für diese Behauptung sprechen. — Demgegenüber möchte ich erwähnen, dass der Pansen durch seine starken Muskel-Pfeiler in Säcke abgetheilt wird, die sich wie einzelne kleine Mägen verhalten, sich wie diese bedeutend contrahiren (verkleinern) und so zur Rejection geeignet werden können. Das Eindringen der spitzen Körper in die Haubenwand erklärt sich daraus, dass die Haube ihren Inhalt in die Höhe heben muss, um ihn in den Psalter resp. in die Schlundrinne zu schaffen. Dass dem Pansen eine grosse Bedeutung beim Wiederkauen zukommt, geht daraus hervor, dass Thiere, bei denen der Pansen an gewissen Stellen mit der Bauchwand verwachsen ist (z. B. in der linea alba bei angelegter Pansenfistel, Ellenberger) nicht wiederkauen können und in Folge dessen zu Grunde gehen.

Flourens, Haubner und Fürstenberg schreiben der Schlundrinne eine grosse Wichtigkeit bei der Bissenbildung zu, welcher Ansicht Colin entschieden widerspricht. Nach den genannten Autoren treibt die Haube einen Theil ihres Inhaltes in die Schlundrinne, diese befördert denselben in den Schlund, wobei oft ein Rest in der Rinne liegen bleibt, den der wiedergekaute Bissen mit in den Psalter schiebt.

Colin hält die Haube für ein Reservoir für mit den verdauten Futterstoffen gemischte Flüssigkeit. Diese treibt sie in den Schlund (beim Wiederkauen) und in den Psalter. Nach ihm soll überhaupt nur wasserreicher, feinvertheilter Panseninhalt in die Haube gelangen können. Ich habe die Inhaltsmassen der Haube stets von gleicher Beschaffenheit wie die des Pansens angetroffen. Haubner betrachtet die Haube nur als ein Muskelorgan, welches den Inhalt nach dem Psalter und dem Schlund zu schaffen hat. Die von mir entdeckte anatomische Thatsache, dass die sogenannten Haubenzellen contractil in den Seitenwänden und im Boden sind, und bei Contractionen zu höheren aber engeren Zellen werden, macht dieselben zum Sammeln und Aufbewahren von Flüssigkeiten (als Wasserzellen) geeignet. Sie dürften eine philogenetische Bedeutung haben und rudimentäre Bildungen sein.

2. Ueber den Ort, wohin der wiedergekaute Bissen gelangt, bestehen folgende Anschauungen: Camper, Daubenton, Buffon, Chauveau, Lavocat, Berthold, Gellé, Gurlt, Schwab, Youat, Rychner, Fr. Miller, Schell und Fürstenberg u. A. sprechen sich für den Psalter, Duverney, Peyer und Haubner für Pansen und Haube, Chabert, Girard und Störig für die Haube, Lafore für den zweiten und dritten Magen und Flourens und Colin für alle vier Mägen zugleich, letzterer aber wesentlich für den Pansenvorhof resp. die Haube aus. Eine neuere Anschauung fasst die Rumination als einen Act der Aspiration des Thorax ohne Wanstbetheiligung auf. Diese Anschauung bedarf wohl kaum der Widerlegung.

Die mechanische Leistung des dritten Magens.

Vorbemerkungen. Complicirt und schwer begreiflich ist die Aufnahme der Nahrung durch den Psalter und die Bewegung des Inhaltes in demselben. Der Innenraum des Psalters wird bekanntlich von grösseren und kleineren Blättern durchsetzt und dadurch in viele Nischen resp. Kammern abgetheilt. Der Psalter gleicht also einem Buche, nur dass die Blätter nicht gleich lang sind. Dieses Buch ist aber im Körper schräg und zwar derartig gelagert, dass der freie Rand der Blätter schräg nach unten (ventral) gerichtet ist, und dass die Blätter oben (dorsal) an der Psalter-

wand befestigt sind. Die Kammern sind also nach unten offen. Demnach sollte man denken, dass in denselben kein Inhalt haften könne, sondern dass derselbe nach unten herausfallen müsse. Thatsächlich aber hält sich derselbe nicht allein dort, sondern er wandert sogar zum Theil von unten nach oben.

Auch ist es schwer zu begreifen, wie überhaupt das Futter in die Psalternischen gelangen kann. Die Blätter sehen mit ihrem vorderen Rande gegen Haube und Schlundrinne, sind für gewöhnlich schlaff und ragen nicht in die Hauben-Psalteröffnung hinein.

Die anatomischen und histologischen Verhältnisse des Psalters geben uns Aufschluss über Aufnahme und Bewegung des Futters.

Die Psalterblätter, welche in der Schlundrinne als niedrige Fältchen, die gewissermassen die Führungslinien für das Eintreten der Futterportionen in die Kammern bilden, ihren Anfang nehmen, tragen eine auf die ganze Ausdehnung jedes Blattes

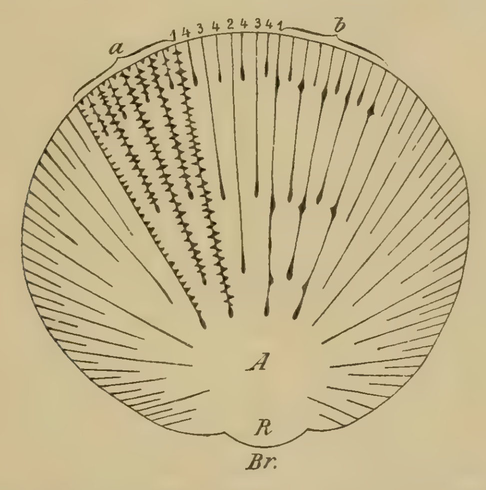


Fig. 76. Querschnitt durch den Psalter (schematisch).

A Raum unter den Blättern, *R* Psalterrinne, *Br.* Psalterbrücke. — *a* Nische zwischen 2 grossen Blättern; die Blätter sind mit Papillen gezeichnet und mit Randanschwellung. *b* dasselbe; die Blätter ohne Papillen, nur mit Randanschwellung und secundären Blättchen (im Querschnitt). — *1* grösstes, *2* mittleres, *3* kleines, *4* kleinstes Blättchen.

sich erstreckende Eigenmuskulatur. Dieselbe beginnt zum Theil an der Basis der Blätter (resp. in der dorsalen Psalterwand) und verläuft, sich flächenartig ausbreitend, gegen den freien Rand hin, zum Theil an der Hauben-Psalteröffnung und der Schlundrinne, und verläuft, sich ebenfalls blattartig verbreiternd, gegen das hintere, d. h. das Labmagenende der Blätter. Demnach können die Blätter bei Contraction ihrer Muskulatur, deren fixe Punkte an der dorsalen Wand und an der Haubenöffnung liegen, gegen die Schlundrinne und Haube vorgeführt und dabei etwas verdickt, verkürzt und gesteift werden. Dies geschieht beim Eintritt des Futters in den Psalter, wahrscheinlich in Folge einer reflectorischen Reizung der Blattmuskulatur von der durch den Bissen erregten Schlundrinnenschleimhaut. Die gesteiften Blätter ragen dabei in die Hauben-Psalteröffnung hinein und empfangen den weichen Bissen, der, durch die Blattränder und die an der Hauben-Psalteröffnung befindlichen vogelklauenartigen Warzen getheilt, in die Nischen eintritt. Dadurch, dass der Bissen von den

grossen und spitzen Warzen an den vorderen Blattenden festgehalten wird, wird er von den sich nunmehr zurückbewegenden Blättern in den Psalter hineingeführt.

In den abwärts offenen Nischen kann sich der Inhalt, ohne herabzufallen, halten in Folge der rauhen Beschaffenheit der Blätter, vermöge der den Blättern aufsitzenden und eigenthümlich gestellten Warzen, vermöge der besonderen Lagerung der Blätter, des an dem freien Blattrande vorhandenen Wulstes und der an den grossen Blättern vorhandenen Leisten, an welche sich die freien Ränder der kleineren Blätter anlegen. Unterstützt wird dies noch dadurch, dass die Futterkuchen in den Kammern auf schiefen Ebenen ruhen und so einander durch Gegendruck in der Lage erhalten, wie die Ziegel in einem Gewölbe. Man sieht, dass der Psalterinhalt fast ohne jede Muskelanstrengung vor dem Herabfallen bewahrt wird. Die Bewegung des Inhaltes wird durch die Bewegungen der Blätter und der Psalterwand bedingt. Ihre Richtung aber bestimmen die Psalterwarzen. Diese stehen mit ihren freien Enden in der vorderen Psalterhälfte, wo sie hoch und spitz sind, nach oben und hinten und in der hinteren Hälfte, wo sie klein und stumpf werden, nach hinten und zum Theil nach hinten und unten, also alle labmagenwärts. Demnach bewirkt jede drückende und schiebende Einwirkung auf den Psalterinhalt, dass derselbe im vorderen Theile nach oben und hinten, im hinteren Abschnitte nach unten und hinten, d. h. nach dem Labmagen hin ausweicht und so zu diesem befördert wird. Ferner wird die Aufwärtsbewegung des Psalterinhaltes auch dadurch bedingt, dass bei jeder Psaltercontraction die Blätter im Höhendurchmesser verkürzt, also gehoben werden. In Folge der Warzenstellung rückt dabei der Psalterinhalt nach oben.

Die Verhältnisse im Psalter gestalten sich demnach wie folgt: 1. **Aufnahme der Nahrungsmittel.** Der Psalter empfängt Nahrungsmittel und Flüssigkeiten sowohl direct aus dem Schlunde durch die Schlundrinne (s. o.) als auch aus der Haube. Wenn sich die Haube contrahirt, wobei die Schlundrinne etwas verengt und verkürzt wird, dann hebt sie ihren Inhalt gegen die Schlundrinne und die Haubenpsalteröffnung, sodass ein Theil desselben, wenn er dünn genug ist, in den Psalter übertreten muss. Die in den Psalter eintretenden Massen werden z. Th. durch dessen grosse Eingangswarzen, z. Th. durch die in die Oeffnung vorgeführten, gesteiften Blätter in einzelne Abtheilungen zerlegt, welche in die Psalterkammern eintreten. Nun erschlafft Haube, Schlund und Psalter, und die Psalterblätter gehen zurück und nehmen das Empfangene mit.

2. **Bewegung des Inhaltes im Psalter.** Der Psalter vollzieht sehr träge, langsame, wenig merkliche, pressende Bewegungen; er contrahirt sich in seiner Totalität oder in Wellenform, wobei sich die Psalterblätter, deren Muskulatur ebenfalls thätig ist, an einander verschieben. Die fest zwischen den Blättern (kuchenförmig) liegenden Nahrungsmittel verschieben sich dabei in Folge der Stellung der Warzen an den Blätterflächen langsam von der Hauben- zur Labmagenöffnung. Hierbei wird das Futter in Folge der Verengerung des Psalterinneren gedrückt und gepresst, sodass seine Flüssigkeit nach unten in die Psalterrinne abfliesst resp. abtropft und in dieser nach dem Labmagen weiterfliesst.

Abgeschluckte Flüssigkeiten treten in der Regel überhaupt nicht in die Psalterkammern, sondern fallen sofort in die Psalterrinne, durch die sie in den Labmagen abfliessen.

Die Mechanik des Labmagens. Nach meinen Beobachtungen contrahirt

sich dieser Magen knetend (peristaltisch) vom Psalterende zum Pylorus, wobei die Nahrung in dieser Richtung fortgeschoben und dabei mit dem Magensaft gemischt wird.

Nervöse Einflüsse. Die Bewegungen der Mägen der Wiederkäuer werden wesentlich vom Vagus dirigirt. Bei Reizungen desselben treten rasche und energische und ausgiebige Totalcontractionen der Haube, langsame Knetbewegungen, zuweilen auch lebhafte Contractionen am Wanste und ebensolche, aber langsamere und später eintretende, peristaltische Bewegungen am Labmagen ein (Ellenberger). Neben der peristaltischen Bewegung des Labmagens beobachtete ich auch tiefe Einschnürungen und bei starken Reizungen auch eine bedeutende Gesammtcontraction desselben mit Lumenverengerung. Bei Durchschneidung beider N. vagi sah ich Lähmung des Schlundes und Parese des Pansens und der Haube und Tympanitis eintreten. Einseitige Durchschneidungen riefen eine geringgradige Atrophie der Wandungen der correspondirenden Magenabschnitte, aber keine Bewegungsstörungen hervor. Der dritte Magen hat eine besondere, noch nicht genügend erforschte Innervation. Alle vier Mägen besitzen automatische Ganglien. Bei Reizungen des Halssympathicus konnte ich keinen Einfluss auf die Magenbewegungen feststellen.

Anhang. **Das Erbrechen.** Der Brechakt ist ein reflektorischer, unter allgemeiner Körpererschütterung erfolgender Vorgang, welcher die Entleerung des Magens oder der Vormägen nach aussen bezweckt. Meist geht demselben ein Ekelgefühl mit verstärkter Speichelsecretion voraus. Eingeleitet wird der Brechakt durch eine tiefe Inspiration mit Feststellung des Zwerchfells und der Rippen im Inspirationszustande und festem Schliessen der Glottis. Diesen Vorgängen folgt eine heftige und energische Contraction der Bauchmuskeln, wodurch die Bauchorgane und namentlich der Magen gehoben, gegen das angespannte Zwerchfell gedrängt und zusammengepresst werden. Da sich nun während dieser Vorgänge die Cardia des Magens geöffnet hat, so wird durch die Bauchpresse der Mageninhalt in den Schlund und durch diesen und durch die Schlundkopf- und Mundhöhle nach aussen geschleudert. Dabei haben die Theile der Schlundkopfhöhle, das Gaumensegel etc. dieselbe Stellung eingenommen wie beim Schlingen; nur der Zungengrund ist nicht gehoben, sondern im Gegentheil herabgezogen und der Mund geöffnet. Der Kehlkopf wird durch die Aryknorpel (durch Wirkung der Schlundkopfschnürer) und z. Th. durch den herabgezogenen Zungengrund geschlossen.

Der Brechvorgang soll auch in der Weise von der Inspirationsstellung des Thorax erleichtert werden, dass der dabei im Thorax herrschende negative Druck den Schlund erweitern soll.

Betheiligung des Magens beim Erbrechen. Gegenstand der Controverse ist von jeher die Frage gewesen, in wie weit der Magen beim Erbrechen betheiligt ist.

Früher nahm man allgemein an, dass die antiperistaltischen Magenbewegungen sehr wesentlich für den Brechact seien; später traten Bayle, Chiari und vor allem Magendie und B. Schwartz dieser Ansicht entgegen. Schwartz zeigte, dass der freigelegte Magen nicht erbrechen kann, und Magendie und Gianuzzi, dass bei Lähmung der Bauchmuskeln und des Zwerchfells (z. B. durch Curare), trotz actionsfähigen Magens das Erbrechen unmöglich ist. Magendie sah auch bei solchen Thieren Erbrechen eintreten, bei denen er an Stelle des (mit Einschluss der Cardia) exstirpirten Magens eine angefüllte todte Blase gebracht hatte. Er schloss hieraus,

dass das Erbrechen nur durch die Wirkung der Bauchmuskeln bewirkt wird. Fantini zeigte aber, dass bei dem letztgenannten Magendie'schen Versuche das Erbrechen dann nicht eintritt, wenn die Cardia nicht mit exstirpirt wird. Dies beweist aber, dass zum Zustandekommen des Erbrechens Magenbewegungen behufs Aufschluss der Cardia nothwendig sind (Schiff). Landois, Mettinger, Openchowski, Frantzen u. A. schreiben dem Magen die Führerrolle beim Erbrechen zu und betonen, dass dieser Act bei niederen Thieren (Fische, Amphibien, Reptilien) vielfach vom Magen allein ausgeht. Die Vögel erbrechen nur aus dem Kropf. Dass bei gelähmten Bauchmuskeln, aber intactem Zwerchfell, Erbrechen, wenn auch schwer, eintritt, spricht ebenso für die Mitbetheiligung des Magens, wie die Thatsache, dass die Brechmittel stets antiperistaltische Bewegungen dieses Organs hervorrufen. Bei Ausschluss des Magens mittelst Anämie erfolgen durch Brechmittel nur heftige Brechbewegungen aber kein Erbrechen (Openchowski).

In neuerer Zeit wird wohl allgemein angenommen, dass beim Erbrechen gewisse Magenbewegungen nicht nur stattfinden, sondern auch nothwendig sind, und dass durch die Bauchpresse allein das Erbrechen nicht bewirkt werden kann. Die Magenbewegungen beginnen schon, ehe die Bauchpresse in Wirksamkeit tritt. Am Pylorusabschnitte des Magens treten heftige Wellenbewegungen auf, während der Cardiaabschnitt in Ruhe verharrt und erweitert ist; der Magen bekommt also eine birnförmige Gestalt; eine rinnenförmige Einschnürung markirt die Grenze zwischen dem thätigen und ruhenden Magenabschnitt. Der Pylorus bleibt geschlossen, die Cardia öffnet sich activ. Die Dilatation des Cardiaabschnittes des Magens tritt oft früher ein als die Peristaltik des Pylorusabschnittes. Der Darmkanal ist oft schon vor dem Erbrechen in lebhafter Bewegung und das Duodenum zeigt oft antiperistaltische Bewegungen.

Bei Verabreichung von Brechmitteln beobachtet man erst lebhafte Bewegung des Darmcanales, dann Schluss des Pylorus, dann Bewegungen des Pylorusabschnittes des Magens, welche auf $^2/_3$ des Magens vorschreiten, während der Cardiaabschnitt kugelig wird. Der Vorgang wiederholt sich periodisch.

Ueber die Betheiligung des Schlundes beim Erbrechen ist nichts Sicheres bekannt. Wild und Mettinger leugnen eine active Betheiligung des Schlundes an der Beförderung des Mageninhaltes, während Rühle und Budge eine solche annehmen. Dupuy sah, dass Hunde nach Durchschneidung beider Vagi leichter erbrachen als vorher.

Nerveneinflüsse beim Erbrechen. Das Vomircentrum soll in der Medulla oblongata liegen (Thumas u. A.) und direct und reflectorisch erregbar sein; es scheint fast mit dem Athmungscentrum zusammenzufallen. Vielleicht giebt es gar kein einheitliches Vomircentrum. Für die Brechmittel giebt es mindestens zwei central gelegene Angriffspunkte (Openchowski, Hlasco). Durchschneidung des Rückenmarkes zwischen dem vierten und fünften Brustwirbel hebt die Wirkung von Brechmitteln auf. Die Brechfasern laufen in den Vordersträngen des Rückenmarkes und treten mit den Oeffnungsfasern der Cardia, die aus dem Centrum zwischen Nucl. caudat. und lentif. entspringen, vom vierten bis fünften Rückenwirbel aus in den N. sympathicus (nicht plex. cöliacus). Reizung des N. vagus und namentlich der Vagus- und anderer Nervenenden in der Magen-, Rachenhöhlen-, Schlund-, Zungenwurzel-, Darm-, Uterus-, Lungenschleimhaut etc. rufen Erbrechen hervor. Auch bei Durchschneidungen und Lähmungen des N. vagus habe ich Erbrechen eintreten sehen.

Verschiedenheiten bei den Hausthieren. Thiere, deren Schlund dünnhäutig ist und trichterförmig in den Magen einmündet, deren Magen darmähnlich ist und der Bauchwand anliegt und deren Futter weich, feucht und schlüpfrig ist, erbrechen leicht, während Thiere, deren Schlund am Magen dicker als mundwärts ist und nicht trichterförmig einmündet etc. schwer erbrechen.

Die Solidungula (Pferd, Esel etc.) vermögen, (ebenso wie die Chiroptera), unter normalen Verhältnissen nicht zu erbrechen. Die Gründe für diese Thatsache sind folgende: 1. Der Schlund des Pferdes pflanzt sich schräg und nicht trichterförmig in den Magen ein. 2. Die weitere, leicht durchlässige Pylorusöffnung liegt der Cardia ganz nahe. 3. Der Pferdemagen ist von der Bauchwand entfernt, sodass die Bauchpresse nicht direct auf ihn einwirken kann. 4. Die Magenschleimhaut ist in der Umgebung der Cardia so locker befestigt und so reichlich vorhanden, dass sie bei Magencontractionen grosse Falten bildet, welche den Zugang zum Schlund verlegen. 5. Um die Cardia liegt ein starker Schliessmuskel, welcher aus 2 hufeisenartigen Schlingen besteht, deren Scheitel die Cardia rund umfassen, während ihre einander kreuzenden Schenkel in die Magenmuskulatur ausstrahlen, sodass sie bei Magencontractionen die Cardia zuschliessen müssen. Bei durchschnittenem Sphinkter liess sich der Mageninhalt auspressen, bei unverletztem Magen nicht (Colin, Flourens, Milne-Edwards u. A.). 6. Der ganze aborale Theil des Schlundes zeigt eine bedeutende Verdickung seiner Muskulatur. Diese gestattet vom Magen aus die Erweiterung des Schlundes nicht, sodass bei Druck auf den Magen von aussen oder bei künstlich hervorgerufener Contraction desselben der Inhalt in den Darmkanal aber nicht in den Schlund entweicht.

Bei abnorm ausgedehntem Magen (durch Ueberfressen etc.) können die Pferde ausnahmsweise auch erbrechen. Man beobachtet dies z. B. bei den sogenannten Koppern (Luftschluckern), deren Magen oft so ausgedehnt ist, dass er die Bauchwand berührt, dass seine Schleimhaut geglättet, seine Muskulatur überdehnt ist, und dass die Schlingenschenkel des Sphincter cardiae auseinander weichen. — Auch bei krankhaften Zerreissungen der Muscularis des Magens tritt Erbrechen ein, weil dann der Sphincter cardiae keinen festen Punkt mehr hat und keine Schleimhautfalten an der Cardia mehr gebildet werden. Bei diesem Erbrechen wirken nur die Bauchmuskeln und das Zwerchfell. Erschlaffung der Cardia und des aboralen Schlundendes sind die Vorbedingungen des Erbrechens der Pferde, welches deshalb auch bei Lähmung der Schlund- und Magenmuskulatur eintreten kann. Bei dem Erbrechen des Pferdes treten die erbrochenen Massen gewöhnlich grösstentheils in die Choanen ein und gelangen durch die Nase nach aussen, während nur ein kleinerer Theil durch den Mund erbrochen wird. Diese Thatsache findet ihre Begründung darin, dass das lange Gaumensegel des Pferdes nicht genügend erhoben werden kann, um die Choanen ab- und die Mundhöhle aufzuschliessen. Wegen der kurzen Giesskannenknorpel gelangt beim Erbrechen leicht Futter in den Kehlkopf. Die Pferde strengen sich beim Erbrechen ungemein an und werden dabei sehr müde und matt.

Bei den Wiederkäuern stellt das Erbrechen einen, dem Akte des Rejicirens beim Wiederkauen sehr ähnlichen Vorgang dar; nur das

Abkneifen des Bissens im Magentrichter fehlt. Der Inhalt des eigentlichen Magens (Labmagens) kann nicht erbrochen werden, weil derselbe durch das Segel an der Psalterlabmagenöffnung und durch den Blätterapparat des Psalters am Rücktritt gehindert ist. Auch der trockene Inhalt des Psalters wird nicht erbrochen, sodass es nur der Pansen- und der Haubeninhalt ist, welcher beim Erbrechen nach aussen entleert wird. Dieses Erbrechen geht an sich leicht vor sich, weil der Schlund am Magen dünn ist, und trichterförmig einmündet, der Panseninhalt weich und wasserreich ist, und der Pansen die Bauchwand in grosser Ausdehnung berührt. Trotzdem geschieht das Erbrechen selten, auch wirken Brechmittel bei Wiederkäuern sehr unsicher.

Es liegt letzteres begründet in der Dicke und Verhornung des Epithels der Vormägen, welches die Nervenenden schwer zugänglich und schwer reizbar macht, sodann in der grossen Masse des Panseninhaltes, wodurch die Brechmittel zu sehr verdünnt werden, sodass sie auf die Labmagenschleimhaut, bei deren Reizung auch Erbrechen entsteht (Flourens), unter Umständen nicht mehr reizend wirken, endlich in der Grösse des Pansens. Immerhin sieht man diese Thiere zuweilen erbrechen (namentlich bei Meteorismus, bei Anwendung von Veratrum album etc.); die Rinder entleeren dann enorme Mengen Vormageninhalt (Beobachtungen hierüber liegen vor von Flourens, Girard, Dieckerhoff, Lecocq, Bayert, Yvart, Rychner, Tomay, mir u. A.). Auch Schafe hat man öfter erbrechen sehen. (Yvart, Bernard u. A.) Das Erbrochene wird durch Mund und Nase entleert.

Schweine und Fleischfresser erbrechen leicht; die meisten Nagethiere erbrechen selten und schwer; alle Insectivoren und Carnivoren leicht. Die Hunde sollen vor dem Erbrechen den Magen mit Luft stark ausdehnen.

Ursachen des Erbrechens. Das Erbrechen wird hervorgerufen durch Reizunngen an den oben genannten Stellen (Magen, Lungen, Schlund, Uterus, Harnapparat etc.), durch Brechmittel, durch Ueberfressen, durch das Vorhandensein unverdaulicher und reizender Stoffe im Magen, durch Gährungen daselbst, durch Magenkatarrhe, Hernien, Volvulus, heftiges Husten, Würgen, Schwangerschaft (beim Menschen), Reizung der Unterleibsorgane durch Entzündung etc. Die elektrische Reizung der Magenschleimhaut ruft nur dann Erbrechen hervor, wenn die Cardiagegend gereizt wird, nicht aber bei Reizung des Fundus und Pylorus (Ludwig, Kupffer); auch im ersteren Falle bleibt das Erbrechen aus, wenn die N. vagi durchschnitten sind (Bulatowicz).

Folgen des Erbrechens. Theilweise oder vollständige Entleerung des Magens, Abschleimung der Magen-, Schlund- und Rachenhöhlenschleimhaut, Anregung der Magen- und Darmbewegung, Auspressen stauender Secrete und des stauenden Blutes etc. aus den Organen der Bauchhöhle, Steigerung aller Secretionen und Transsudationen (in Folge der Blutüberfüllung des grossen Kreislaufs) also auch Schweissausbruch, Entleerung von Exsudatmassen etc. aus den Respirationsorganen (in Folge der gesteigerten Transsudation und einer dem Erbrechen folgenden tiefen Exspiration und vielleicht auch in Folge activer Muskelbewegungen), Erschlaffung der Muskulatur (bei Anwendung von Brechmitteln), Abspannung und Ermüdung u. s. w.

6. Die Bewegungen des Darmkanales und seines Inhaltes.

Bei den **Dünndarmbewegungen** muss man solche unterscheiden, welche den Darminhalt nicht vorwärts schieben und solche, welche dies thun.

Die ersteren stellen schwache Pendelbewegungen, veranlasst durch die Contraction der Längsfasern und schwache Contractionen der circulären Muskelschicht, dar. Sie bewirken eine innigere Mischung des Darminhaltes mit den Verdauungssäften und eine häufige Berührung der resorbirenden Schleimhautfläche mit immer neuen Massen (Nothnagel) und vielleicht eine Steigerung der Darmsaftsecretion. Diejenigen Darmbewegungen, welche den Inhalt befördern, bestehen in bedeutenderen, abschnittsweise erfolgenden Contractionen der Darmwand. Man sieht, dass eine Stelle des Darmes sich verengert, um sich sofort wieder zu erweitern, während sich gleichzeitig die nächstfolgende Stelle verengt und sich dann erweitert u. s. w., sodass ein wellenförmiges Fortschreiten von Verengerungen und Erweiterungen zu Stande kommt. Der Vorgang gleicht den Kriechbewegungen der Würmer und Schlangen und wird deshalb als wurmförmige Bewegung, Motus peristalticus, bezeichnet. Niemals ist der ganze Dünndarm gleichzeitig in Bewegung, es sind immer nur einzelne Darmabschnitte thätig, während andere ruhen (Braam-Houckgeest, Sanders, Nothnagel). An den proximalen Darmschlingen ist die Bewegung am lebhaftesten. Vielleicht ruht zu gewissen Zeiten der ganze Darm. Die peristaltischen Bewegungen bewirken auch Ortsbewegungen der freiliegenden Schlingen (wesentlich durch Contraction der Längsmuskulatur), sodass sich diese bei stürmischer Peristaltik über- und durcheinanderschieben.

Eine Darmschlinge, in welcher die Inhaltssäule vorgeschoben worden ist, ruht dann längere oder kürzere Zeit, oft $^1/_2$—1 Stunde. Absolut leere Schlingen bewegen sich nicht (Nothnagel).

Die Contractionswellen laufen an den betreffenden Darmschlingen unter normalen Verhältnissen immer in der Richtung vom Magen zum Dickdarm (Nothnagel, van Houckgeest u. A.). Nach Engelmann, Busch, Falck u. A. sollen die Contractionen auch am normalen Darm öfterer die umgekehrte Richtung haben (antiperistaltische Bewegungen).

Den normalen Bewegungsreiz für den Darm stellen seine Inhaltsmassen, ganz besonders aber Gasblasen, welche den Darm ausdehnen, dar. Ob der dadurch entstehende Erregungsvorgang nur in der Muskulatur fortgeleitet wird (Engelmann, S. Mayer) oder ob nervöse Einflüsse dabei mitwirken (Nothnagel u. A.) ist noch zweifelhaft.

Dieser normale Reiz bewirkt nur peristaltische Bewegungen, sodass also das Vorhandensein präformirter Einrichtungen für diese normalen Bewegungen angenommen werden muss. Bei abnormen Reizen treten auch antiperistaltische Bewegungen auf, namentlich — und vielleicht nur — wenn die reizende Substanz nicht auf dem physiologischen Wege eingeführt worden ist. Ein den Darm von aussen local treffender künstlicher Reiz veranlasst i. d. R. eine locale Einschnürung, aber keine fortschreitende Contractionswelle (s. auch unten).

Die Bewegungen des dünnflüssigen, an Gasen und Gasblasen reichen Darminhaltes ruft eigenthümliche Geräusche (Darmgeräusche, peristaltische Geräusche) hervor, die bei der Auscultation der Bauchhöhle leicht zu hören sind.

Im **Dickdarm** laufen die Bewegungen langsamer aber mit grösserer Triebkraft ab als im Dünndarm. Die Inhaltsmassen rücken langsamer vor, weil sie trocken und sonach schwerer transportabel sind, und weil sich hier, dem grösseren Lumen entsprechend, grössere Massen anhäufen. Bei Thieren, deren Dickdarm Poschen und Ligamente besitzt (Pferd und Schwein), erfolgt der Transport des Inhaltes besonders langsam. Beim Pferde ist ein sehr grosses und eigenthümlich (schräg dorso-ventral (lumbo-sternal) gelagertes Cöcum zugegen, welches den Bewegungen des Inhaltes Schwierigkeiten bereitet und ein längeres Verweilen und Ansammeln desselben bewirkt.

Die Füllung des gegen den Dünndarm festgeschlossenen Pferdecoecums wird besonders dadurch ermöglicht, dass das Ileum dieses Thieres eine sehr starke Muscularis besitzt und demgemäss einen starken Druck auf seinen Inhalt behufs Hineinbeförderung desselben in das Cöcum ausüben kann. Die oben (dorsal) in den Blinddarm eintretenden Massen rücken gegen das tief gelegene, ventrale, blinde Ende des Cöcums vor, sodass sich dasselbe allmählich anfüllt. Behufs Weiterbeförderung nach dem Colon müssen unter Verkürzung des Cöcums, die Inhaltsmassen des letzteren von unten nach oben (gegen den Rücken des Thieres) gehoben werden. Dies geschieht durch Contraction der dorsalwärts fixirten Bandstreifen und durch von unten nach oben vorschreitende Knetbewegungen (Contractionen) der Kreismuskulatur. Dadurch wird der Inhalt in den Magensack des Blinddarmes getrieben. Indem sich dieser von der grossen Krümmung aus contrahirt, schiebt er die Inhaltsmassen gegen die weniger mächtige kleine Krümmung hin. Es liegen also dorsal am Coecum sowohl die Eingangs-Ileum- als die Ausgangs-Colonöffnung; demnach stände dem Inhalt ein doppelter Weg offen, wenn nicht die Ileocöcalöffnung durch die Schliessmuskulatur und Schleimhautfalten geschlossen und das Ileum nicht mit einer sehr starken Muscularis ausgestattet wäre. Das Ileum verhält sich zum Coecum wie der Schlund zum Pferdemagen, sodass der Rücktritt des Coecuminhaltes in das Ileum ebensowenig erfolgen kann, wie der Rücktritt des Mageninhaltes in den Schlund.

Im grossen Colon ist das Fortschaffen des verhältnissmässig trockenen Inhaltes beim Pferde sehr erschwert, namentlich durch die geringe Weite des zwischen das proximale (orale) und distale (aborale) Colon (zwischen Nahe- und Fernschlinge) eingeschaltenen Beckenstücks, die vielen Poschenbildungen (resp. Einschnürungen) und die starke Verengerung des Colon an seinem Uebergange in das kleine Colon (Gekrösabschnitt des Rectum). Auch in diesem poschenreichen, mit Bandstreifen versehenen langen, Darmabschnitte des Pferdes bewegen sich die Inhaltsmassen langsam gegen das eigentliche Rectum hin.

Bei den Wiederkäuern ist zwar auch ein ziemlich grosses Cöcum vorhanden. Dasselbe ist aber günstiger für die Beförderung des Inhaltes gelagert. Bei den Wiederkäuern und dem Schweine kommt es oft vor, dass die Inhaltsmassen direct aus dem Ileum in das Colon übertreten. Bei den Wiederkäuern haben die Futtermassen im Colon zwar einen sehr weiten Weg zu machen (ca. 57 *m* beim Rind und 32 *m* beim Schaf), das Colon ist aber frei von Poschen und besitzt keine hervorragend enge Passagen. Beim Schwein ist das Cöcum nicht sehr gross; dasselbe behält die Futtermassen nur kurze Zeit. Der Dickdarm ist mit Poschen versehen, ist aber frei von engen Stellen. Beim Hunde ist das Coecum klein, das Colon und Rectum

kurz und ohne Poschen. Die Beförderung des Inhaltes geht also rasch und leicht von Statten.

Innervationsverhältnisse des Darmkanales. Dieselben sind noch wenig bekannt. Nach Bechterew und Mislowski befindet sich der ruhende Darm im mittleren Tonus. Aus diesem Zustande kann er durch Reizung bestimmter Nerven oder bestimmter Centren in den Zustand der Erweiterung oder der Verengerung übergeführt werden. Sonach sind für den Darm erweiternde und verengernde Nerven und Nervencentra vorhanden. Die beiden Nervenfaserarten, die hemmenden und erregenden, verlaufen in dem N. vagus und im N. sympathicus; jeder dieser beiden Nerven enthält beide Arten von Fasern; das quantitative Verhältniss beider Faserarten in jedem Nerven ist individuell verschieden. Die erregenden Fasern treten vom Gehirn aus in die Vagi (und von diesen z. Th. in den Sympathicus), die hemmenden in das Rückenmark über. Die letzteren verlassen das Rückenmark, beim Hunde z. Th. durch den 6. bis 13. Brust- und 1. Lendennerv, und gehen an den Dünndarm, während andere in den übrigen Lenden- und in den drei ersten Kreuznerven verlaufen und den Dickdarm versorgen.

Trennung des Darms vom centralen Nervensystem hebt den Tonus auf, nicht aber die Fähigkeit zur Verengerung und Erweiterung (Bechterew, Mislowski). Durch Reizung gewisser Stellen der Hirnrinde und durch Reizung der Thalami optici kann man, je nach den gereizten Stellen, Contraction und Erschlaffung des Dünndarms hervorrufen (J. Ott, Wood-Field, Bechterew, Mislowski). Reizungen des N. vagus, der Ganglia coeliaca, des Cerebellum (Budge) und des Rückenmarks (Budge, Volkmar) rufen Darmbewegung hervor. Alle diese Theile wirken also erregend; von dem erregenden Einflusse des N. vagus auf die Darmbewegungen unserer grossen Hausthiere habe ich mich öfter experimentell überzeugt; Vagusreizungen am Halse rufen stets Darmbewegungen hervor (Valentin, Wolf, Ludwig, Kupffer, Budge, Weber, v. Basch, Meyer, Ellenberger). Der N. vagus wirkt nicht nur auf den Dünn-, sondern auch auf den Dickdarm ein. Reizungen des Splanchnicus haben zuweilen, aber nicht immer, namentlich nicht bei Venosität des Blutes, Ruhe des Darmkanales im Gefolge (Kupffer, Pflüger, Ludwig), während Lähmungen des Splanchnicus die Darmbewegungen steigern. Sonach scheint der Splanchnicus in der Regel mehr Hemmungs- als Erregungsfasern zu enthalten. Neuere Forscher (Ehrmann, v. Basch und Fellner) kommen jedoch auf Grund ihrer Versuchsergebnisse zu dem Schlusse, dass der Nervus splanchnicus nur auf die Kreisfasern des Darmkanales hemmend, dagegen auf die Längsfasern erregend wirkt, während der Vagus die Kreisfasern erregen und die Längsfasern hemmen soll. Man darf dabei aber nicht vergessen, dass der Splanchnicus auch der vasomotorische Nerv des Darmes ist und auch als solcher auf dessen Bewegungen wirken kann.

In dem Darmkanal liegen automatische Centren, der Plexus myentericus und der Pl. submucosus. Sie sind die Ursache der Bewegungen am ausgeschnittenen Darm und am Darm todter Thiere. Auf ihn wirken die oben genannten Reize lähmend oder hemmend ein.

Beeinflussungen und Bedingungen der Darmbewegungen. Der Tod des Thieres hebt die Darmbewegungen nicht sofort auf. Dieselben dauern im Gegentheil post mortem noch längere Zeit an und zwar $^1/_4$—$^1/_2$, ja beim Tödten durch den Genickstich eine ganze Stunde fort. Während der

Agonie sind die Darmbewegungen, namentlich die des Dünndarms oft sehr lebhaft (durch Reizung der Darmmuskutatur durch die CO_2 oder durch Blutleere). Dadurch wird kurz vor und nach dem Tode der Dünndarminhalt nach dem Ileum und nach dem Dickdarm geschoben. So kommt es, dass man bei gestorbenen Thieren den Dünndarm bis auf sein hinteres Ende leer findet (Leerdarm).

Oeffnet man einem Thiere nach dem Tode die Bauchhöhle, dann sind die Darmbewegungen zunächst nicht besonders lebhaft, sie werden es aber bald, um sich dann später wieder zu mindern, bis zum Aufhören. Reizungen der Darmmucosa sowohl wie der Muscularis direct rufen ebenso wie Lufteinwirkung auf die Aussenfläche des Darms Bewegungen, sowohl peristaltische als antiperistaltische hervor (Dysperistaltik). Wirken die erregenden Reize anhaltend und stark ein, dann tritt Erschöpfung und eventuell sogar Lähmung, also Darmparese bis Darmparalyse ein. Kälte und länger andauernde Anämie verlangsamen die Darmbewegungen oder heben sie auf. Natronsalze (auf den Darm gebracht) bedingen antiperistaltische Bewegungen; die Kalisalze rufen bei directer Berührung eine stärkere Contraction hervor als die Natronsalze; die Contraction schreitet aber nicht vor, sie bleibt auf den Ort der Anwendung beschränkt oder bildet eine ringförmige Einschnürung; bei vorherigem Ertödten der Nerven oder bei Morphiumanwendung (Erregung der Hemmungsnerven) bedingen die Natronsalze nur örtliche Erscheinungen (Nothnagel). Bei lebhafterem Zuströmen der Verdauungssäfte steigern sich die Darmbewegungen. Verhinderte O-Zufuhr reizt die Darmmuskulatur (Meyer), während die Zufuhr O-reichen Blutes den Darmkanal in Ruhe (Aperistaltik) versetzt (Salvioli). Das Durchströmen mit gewöhnlichem Blute hat die normale Peristaltik (Euperistaltik) im Gefolge.

Blutstauungen rufen schwache, Dyspnoë ruft lebhafte Bewegungen hervor. Kohlensäure reizt die Darmmuskulatur heftig (Krause, Nasse), sie wirkt also peripher, nicht central. Beim Zuschnüren der Aorta wurden mehrfach, selbst nach Nervendurchschneidung, Darmbewegungen constatirt (Schiff, Meyer, v. Basch); beim Wiederöffnen der Aorta trat sofort Ruhe oder erst lebhaftere Bewegung und dann Ruhe ein (Meyer und v. Basch). Aehnliches haben Betz und Donders bei vorübergehender Unterbindung der Vena cava inf. beobachtet. Meyer und v. Basch haben jedoch beim Abklemmen von Gefässen zuweilen auch Ruhe eintreten sehen, so dass der alte Satz, dass die Bewegung des Darms durch Anämie und Circulationsänderung (Schiff, Donders), angeregt und durch Hyperämie (Betz) gehemmt werde, nicht mehr als durchaus zutreffend anzusehen ist. Fiebertemperaturen erregen die im Splanchnicus verlaufenden Hemmungsnerven, rufen also Trägheit der Darmbewegungen oder vollständige Ruhe hervor; hyperpyretische Temperaturen lähmen die Hemmungsnerven (Bokai). Bei herabgesetzter Innentemperatur werden die Darmbewegungen schwächer; man fand sie aber auch bei 26—28° C. Rectaltemperatur unter Umständen noch normal (Lüderitz). Kleine Morphiumdosen erregen, grosse lähmen die Hemmungsnerven. Von Bestandtheilen des Darminhaltes regen z. B. die organischen Säuren und Skatol (Bokai) die Peristaltik an, während Indol und Phenol sie aufheben.

7. Defäcation.

Die Bildung der Fäces (Excremente, Koth), welche den nicht zur Resorption gelangten, wasserarmen Theil des Darminhaltes darstellen, findet im Dickdarm continuirlich statt. Die Ausstossung geschieht dagegen in Pausen, indem in den Zwischenzeiten der ange-

spannte Sphincter ani externus, die dicke Ringmuskulatur des Rectum (sphincter ani int.) und die Mastdarmschleifen die Fäces zurückhalten. Die Austreibung der durch eine gesteigerte Schleimsecretion im Mastdarm schlüpfrig gemachten Excremente durch die hintere Darmöffnung geschieht durch die Bauchpresse und die Contraction der Mastdarmwand und unter einer lebhafteren Peristaltik des Dickdarms überhaupt, während die Sphincteren erschlaffen, resp. durch die genannten Kräfte überwunden werden.

Der Drang zur Kothentleerung tritt ein, wenn das Endstück des Mastdarmes angefüllt ist, und zwar sowohl in Folge des directen als auch des Ausdehnungsreizes der Fäces auf den Mastdarm.

Bei der Defäcation athmen die Thiere tief ein, stellen darnach das Zwerchfell und die Rippen fest und lassen, während sich die Mastdarmmuskulatur contrahirt, die Bauchmuskeln pressend wirken. Dabei erweitert der Levator ani, dessen Wirksamkeit durch gleichzeitiges Heben des Schweifes unterstützt wird, den After und zieht denselben über den austretenden Koth zurück und verhindert so das Vordrängen des Afters.

Trotzdem tritt beim Pferde die gefaltete Afterschleimhaut etwas vor (zur Abschwächung der Reibung). Die vorgetretene, rosenrothe Darmschleimhaut wird die Rose genannt. Nach der Defäcation tritt die Schleimhaut wieder zurück (Levator ani und Sphincteren) und der After schliesst sich.

Die Defäcations-Anstrengungen sind je nach der Härte des Kothes sehr verschieden; zuweilen geschieht das Kothen so leicht, dass das Mitwirken der Bauchpresse fehlt.

Die **äusseren Erscheinungen** bei der Defäcation der Hausthiere bestehen im Allgemeinen darin, dass das stehende Thier den Rücken etwas krümmt, die Hinterbeine breit auseinander- und etwas vorsetzt. Die Hunde krümmen den Rücken sehr stark, so dass sie mit dem After fast den Boden erreichen, also eine Art sitzender Stellung einnehmen. Das Pferd, die Wiederkäuer und das Schwein können auch während des Gehens defäciren; auch im Liegen können dieselben kothen, namentlich die Rinder. — Ueber die Aufeinanderfolge der einzelnen Defäcationen und über die Menge der entleerten Excremente entscheiden viele Verhältnisse, namentlich die Menge und Beschaffenheit der Nahrungsmittel, die Verdauungskraft, Körperbewegung oder Ruhe u. s. w. Bei schlaffer Darmmuskulatur findet das Kothen öfterer statt als bei kräftigen Thieren, bei wässerigem, saftigem, glattem Futter häufiger als bei fester, trockener Nahrung u. s. w. Pflanzenfresser, die grosse Quantitäten einer Nahrung aufnehmen, welche viel unverdauliche und schwer verdauliche Stoffe enthält, kothen viel öfterer als Fleischfresser; kräftige Pferde kothen z. B. in der Ruhe alle 3—5 resp. alle 2—3 Stunden. Die übrigen Pflanzenfresser verhalten sich ähnlich; die Rinder kothen in der Regel noch öfterer als das Pferd. Die Fleischfresser kothen seltener, bei reiner Fleischnahrung sogar zuweilen nur alle 2—3 Tage.

Das nervöse Centrum der Kothentleerung liegt im Lendenmark (Masius). Dasselbe wird reflectorisch vom Mastdarm aus erregt. Das Hemmungscentrum für die Schliessmuskeln liegt im Gehirn (in den Sehhügeln, Masius).

Uebersicht über den Nerveneinfluss auf die mechanischen Vorgänge am Verdauungsschlauche (das Genauere siehe vorn). Wenn wir von den Geschmacks-, Geruchs- und Empfindungsnerven, welche die Nahrung prüfen, und von den excitomotorischen Nerven, welche den unwillkürlichen Theil des Schlingactes er-

regen (N. vagus, trigeminus, glosso-pharyngeus) absehen, so kommen an motorischen Nerven folgende in Betracht:

1. Der N. facialis. Derselbe ist bei der Futteraufnahme und beim Kauen als Innervator der Lippen- und Wangenmuskeln thätig. Bei Pferd, Schaf und Ziege hat dieser Nerv deshalb eine hervorragende Bedeutung, weil diese Thiere wesentlich die Nahrung mit den Lippen ergreifen, welcher Vorgang bei Lähmung des Nerven unmöglich wird. In diesem Falle kann die Nahrungsaufnahme beim Pferde nur noch sehr mühsam mit Schneidezähnen und Zunge geschehen (Ellenberger), und nur aus tiefen Futtergefässen. Das Grasen ist unmöglich. Ich sah, dass beim Kauen und der Bissenbildung ein nicht unbedeutender Theil der Nahrung durch die geöffnete Lippenspalte sofort wieder aus dem Munde herausfiel; ein anderer Theil sammelte sich im Vorraum der Mundhöhle an und fiel schliesslich, weil das Futter durch die gelähmten Backen nicht wieder zwischen die Zähne gebracht werden konnte, ebenfalls heraus. Die kleinen Reste, welche im Vestibulum oris liegen blieben, verfielen der Fäulniss. Pferde mit Facialislähmung müssen den ganzen Tag fressen, um die zum Leben nöthige Futtermenge aufzunehmen.

2. Der N. hypoglossus. Derselbe bestimmt die Bewegungen der Zunge und ist bei der Nahrungsaufnahme, dem Kauen, der Bissenbildung und dem Schlingen (erster Act) thätig. Bei seiner Lähmung ist das Kauen und Schlingen hochgradig gestört. Immerhin ist die Zunge nicht absolut unbeweglich, weil die Muskeln des Zungengrundes zum Theil vom N. glosso-pharyngeus und wie es scheint zum Theil (durch oberflächliche Faserbündel) auch vom Facialis versorgt werden.

3. Der N. trigeminus dirigirt das eigentliche Kaugeschäft, weil er mit einem Aste, dessen Centrum in den Oliven liegt, die Kaumuskeln versorgt.

4. Der N. glosso-pharyngeus sendet motorische Nerven an den Zungengrund, Schlundkopf und Schlund; er ist also unentbehrlich für den Schlingact, dessen nervöses Centrum sich in den Nebenoliven der Medulla oblongata befindet (Schröder v. d. Kolk).

5. Der N. vagus versorgt z. Th. das Gaumensegel, den Schlundkopf, den Schlund, die Vormägen, den Magen, die proximalen und vielleicht auch distalen Abschnitte des Darmkanales und regt die Bewegung dieser Organe an. Bei seinen Reizungen beobachtete ich, ebenso wie viele andere, Bewegungen des Magens, der Vormägen, des Dünndarms etc. Bei Durchschneidung desselben sah ich die Bewegungen der Vormägen und des Magens träge werden und fast erlöschen; das Wiederkauen und Rülpsen unterblieb; die Wiederkäuer blähten in Folge dessen auf u. s. w. Nach Budge, Rawitsch u. A. soll die Fresslust und der Durst nur selten, nach Colin die Magensaftsecretion nur wenig, nach Cl. Bernard und Wilson-Philipp aber bedeutend gestört sein; nach Letzterem wird der Magensaft neutral oder alkalisch. Einseitige Durchschneidungen haben nach meinen Beobachtungen keine nachtheiligen Folgen.

6. Der N. accessorius sendet Zweige an das Gaumensegel (levator palati), den Schlundkopf und den M. sterno-maxillaris.

7. Die Halsnerven versorgen den M. sterno-hyoideus, sterno-thyreoideus und den M. omo-hyoideus.

8. Der N. sympathicus hat Einfluss auf die Bewegungen des Magens und Darmkanales. Ueber die Art und Weise seiner Wirkung siehe an den betreffenden Stellen. Er ist weiterhin der vasomotorische Nerv des Verdauungsapparates und der Gefühlsnerv des Darmkanales.

9. In der Wand der Vormägen und des Magens und des Darmkanales finden sich eigene Centren, z. B. die Auerbach'schen und Meissner'schen Plexus mit

zahlreichen Ganglien. Diese besitzen eine gewisse Automatie, so dass Darmschlingen, die aus dem Körper herausgeschnitten werden, bei Blutdurchleitungen in einer feuchtwarmen Kammer ihre Bewegungen behalten, während die Ganglien auf Reize noch regelmässig reagiren, sodass z. B. Nicotin, welches dem circulirenden Blute beigemischt wird, lebhafte Peristaltik hervorruft (Salvioli).

Auch die Vormägen zeigen nach beiderseitigen Durchschneidungen des Halsvagus noch schwache Bewegungen (Ellenberger).

Ueber die Durchgangszeiten der Nahrungsmittel durch den Verdauungsschlauch resp. ihre Aufenthaltszeiten daselbst.

Die Durchgangszeiten der Nahrung durch den Darmschlauch sind bei unseren Hausthieren sehr verschieden. Sie richten sich in erster Linie nach der Art der Nahrungsmittel der betreffenden Thierspecies, nach der Grösse des Nahrungsbedürfnisses, der Länge und Capacität und den sonstigen anatomischen Verhältnissen des Darmkanales. Hierdurch werden die Verschiedenheiten zwischen den einzelnen Thierarten erklärt. Ausserdem bestehen aber auch individuelle Verschiedenheiten. Ja auch bei demselben Individuum bestehen Verschiedenheiten je nach den Verhältnissen des Thieres, unter denen es sich befindet, ob es ruht oder arbeitet etc., und besonders je nach der Natur und Menge der genossenen Nahrung. Eine glatte, leicht verschiebbare, ferner eine zarte, weiche, wasserreiche Nahrung durchwandert den Verdauungsschlauch viel rascher als grobe, rauhe, feste Nahrungsmittel. Auch psychische Zustände üben einen bedeutenden Einfluss auf die Defäcation aus. Angst und Schreck bedingen oft das plötzliche Eintreten einer Diarrhöe.

a) Das Pferd besitzt einen verhältnissmässig langen und weiten Verdauungsschlauch. Er ist 10—12mal länger als der Körper. Dünn- und Dickdarm messen zusammen im Mittel 30—32 *m*, Magen, Dünn- und Dickdarm vermögen im Mittel 212 *l* Flüssigkeit, im Maximum 360 *l* aufzunehmen. Von wesentlichem Einfluss auf die Aufenthaltszeiten des Darminhaltes ist das grosse und eigenthümlich eingerichtete Coecum und der Poschenreichthum des ganzen Dickdarmes, wodurch derselbe in eine sehr grosse Zahl einzelner Nischen zerfällt.

Nach unseren zahlreichen Beobachtungen vergehen 3—4 Tage, ehe die Hauptmassen einer aufgenommenen Nahrung (Heu, Hafer, Häcksel, Stroh) entleert werden. Die Entleerung des bei einer Mahlzeit Genossenen beginnt am dritten Tage oder etwas früher und dauert 12—24 Stunden. Bis auf einzelne Reste und Ballen, die viele Tage in den Poschen des Dickdarmes liegen bleiben können, ist demnach die bei einer Mahlzeit aufgenommene Nahrung beim Pferde in 4 Tagen mit dem Koth entleert. Die Angaben, dass diese Zeit nur 20—30 Stunden betrage, sind unrichtig; die betreffenden Beobachtungen sind nicht an der Normalnahrung gemacht worden. Glatte Kugeln sind 20—30 Stunden nach ihrer Verabreichung im Koth erschienen. Ich selbst sah genossenen Leinsamen in dieser Zeit mit dem Koth abgehen. Auch grünes Gras erscheint bedeutend früher im Koth als Heu, Hafer etc.

Der Aufenthalt der Nahrung im Magen richtet sich nach der Quantität und Qualität der Nahrung, nach ihrer mechanischen Beschaffenheit, dem Grade der Zerkleinerung, nach der vorhergegangenen Mahlzeit resp. vorherigem Hungern u. s. w. Grüne Gräser und wasserreiche Nahrungsmittel bleiben kürzere Zeit im Magen als

trockene, kleine Quantitäten länger als grosse, schwer verdauliche und unverdauliche und harte Gegenstände viel länger als leicht verdauliche und weiche u. s. w. Bei einer starken Mahlzeit geht ein Theil der Nahrung schon während derselben in den Dünndarm über. Frisst z. B. ein Pferd 5 *kg* Heu, wozu es ca. 2 Stunden gebraucht, dann gelangen incl. Speichel in 2 Stunden 25 *kg* nach dem Magen. Unter normalen Verhältnissen dehnt sich der Magen nur soweit aus, dass er 6—8 *l* zu fassen vermag; sonach muss er sich bei der genannten Mahlzeit 2mal entleeren und ist zu Ende derselben trotzdem prall gefüllt. — Frisst ein Pferd im Tage 15 *kg* Heu, dann füllt sich der Magen 9mal, das Pferd kaut 6—7 Stunden; frisst es $7^1/_2$ *kg* Heu und $3^1/_2$ *kg* Hafer, dann füllt sicht der Magen 4mal, das Pferd kaut 3 Stunden; frisst es $6^1/_2$ *kg* Hafer, dann füllt sich der Magen $1^1/_2$mal, das Pferd kaut $1^1/_2$ Stunde.

Die Dauer der Mahlzeiten ist also je nach der Fütterung sehr verschieden; 2 *kg* Heu werden in ca. $1^1/_2$ Stunde, 2 *kg* Hafer in 20—30 Minuten gekaut.

Bei kleinen und kurz dauernden Hafer-Mahlzeiten beginnt der Uebertritt des Mageninhaltes nach dem Darm erst 2—3 Stunden nach der Mahlzeit und schreitet, wenn keine neue Mahlzeit nachfolgt, so langsam vor, dass man 12 Stunden nach dem Fressen noch erhebliche Inhaltsmassen (2—3, ausnahmsweise bis 12 *kg*) im Magen vorfindet. Bei normaler Folge der Mahlzeiten wird also der Magen niemals leer. Die neu ankommenden Futtermassen schieben die noch vorhandenen nach dem Darmkanale weiter. Wenn keine neue Mahlzeit folgt, dann sind selbst 18 Stunden, ja selbst 24 Stunden nach dem Fressen noch kleine Reste (4—6 pCt. des Aufgenommenen) im Magen.

Wird Wasser nach den Mahlzeiten oder während derselben verabreicht, dann befördert dies im Anfange den Uebertritt des Mageninhaltes nach dem Darmkanale.

Das Verhalten des Magens ist jedoch selbst bei quantitativ und qualitativ gleicher Nahrung sehr verschieden. Vielleicht entscheidet der Säuregehalt des Mageninhaltes über die Schnelligkeit der Entleerung desselben.

Die Folge der Nahrungsmittel ist sehr wesentlich für ihren Uebertritt nach dem Darm. Giebt man zuerst Heu und dann Hafer, dann geht zuerst wesentlich das Heu, aber auch ein Theil des Hafers gleich nach dem Darm. Später liegen die Massen mehr fest, es geht aber auch wesentlich Heu zunächst aber auch immer etwas Hafer gleichzeitig nach dem Darm. Wird Wasser zwischen Heu und Hafer gegeben, so befördert dies den Heu-Uebertritt.

Giebt man erst Hafer und dann Heu, dann weicht bei längerer Dauer besonders der Hafer, das Heu bleibt im Wesentlichen liegen. — Die Futterarten bleiben getrennt; nur nahe am Pylorus tritt eine gewisse Mischung ein.

Will man, dass der Hafer gehörig ausgenutzt werden soll, dann gebe man erst Heu und dann Wasser. Nach einiger Zeit, wenn das Heu etwas erweicht ist, verabreiche man Hafer, dann bleibt letzterer liegen, während das Heu nach dem Darm entweicht. Das gegebene Wasser durchtränkt das Heu und reisst einen Theil mit nach dem Darm hinüber. Die Verdauung des nachfolgenden Hafers beeinträchtigt es deshalb nicht, weil es rasch nach dem Darm übertritt. Beim Pferde geht nämlich das Waser sehr rasch durch den Magen hindurch; schon 6 Minuten nach der Aufnahme von Wasser fand sich ein bedeutender Theil desselben im Blinddarm; von ca. 16 *l* Flüssigkeit fehlten im Magen nach 6 Minuten bei einem Pferde $4^1/_4$, bei einem zweiten $3^3/_4$ *l* u. s. w. (Gurlt); 5 *l* waren $^1/_4$ Stunde nach dem Genuss im Darm und bis zum Ileum vorgedrungen, hatten also 20 *m* durchlaufen (Colin). Ueber den Aufenthalt der Nahrungsmittel im Magen ist noch eine für alle Thiere gültige Bemerkung zu machen: Schwerverdauliche Nahrungsmittel hält der Magen bedeutend länger (unter Umständen mehrere Tage) zurück als leicht verdauliche.

Den Dünndarm durcheilt ein Theil der Nahrungsmittel sehr rasch; schon 6 Stunden nach der Mahlzeit trifft man geringe Theile derselben im Coecum an; die Hauptmasse folgt später. 12—24 Stunden nach der Mahlzeit ist die Nahrung, soweit sie nicht verdaut und resorbirt wurde, im Coecum angelangt. In diesem Darmabschnitt, der niemals leer wird, sammeln sich die Nahrungsreste an, und vermischen sich diejenigen verschiedener Mahlzeiten mit einander. Das Coecum vermag 32—37 *l* Flüssigkeit, also im Mittel 3 Mal so viel als der Magen, zu fassen. Die Nahrungsreste verweilen hier nach meinen Beobachtungen 24 Stunden und darüber. Im Colon, welches über 90 *l* zu fassen vermag, verweilen die Massen ca. 48 Stunden, und zwar in der ventralen oder Nahe-Schlinge ca. 24 Stunden und ebenso lange, unter Umständen auch länger, in der dorsalen Fernschlinge und dem kleinen Colon (S romanum hom.?). Der Aufenthalt im Rectum ist unbedeutend. Diese Angaben beziehen sich auf eine aus Heu, Strohhäcksel und Hafer bestehende Nahrung, und sind für Gras und dergl. Nahrungsmittel nicht zutreffend. Diese passiren den Verdauungsschlauch bedeutend rascher. Bei solcher Nahrung scheint auch ein Leersein des Magens vorzukommen.

b) Das Rind hat einen langen und weiten Darmschlauch. Er ist 15—20 Mal länger als der Körper, im Mittel 57 *m* lang (Dünn- und Dickdarm). Nach Colin vermögen Dünn- und Dickdarm im Mittel 110 und die Mägen 250—300 *l*, der ganze Darmschlauch also 360 *l* und mehr zu fassen. Die grossen, niemals leerwerdenden Vormägen, in denen man selbst bei längerem Hungern noch 40—100 *kg* Inhalt antrifft, erklären das lange Verweilen der Nahrungsmittel in dem Verdauungsschlauche. Die ersten Spuren einer aufgenommenen Mahlzeit (Stroh, Hafer, Häcksel) dürften ca. 36—48 Stunden nach der Aufnahme im Kothe erscheinen. Es vergehen 3—4 Tage von der Aufnahme bis die Hauptmasse der Reste einer Nahrung entleert sind. Zuweilen dauert es aber auch 7—8 Tage.

c) Schaf und Ziege haben einen langen und weiten Verdauungsschlauch (20—26 Mal länger als der Körper), der ca. 45 *l* zu fassen vermag. Kugeln, welche an diese Thiere verabreicht wurden, hat man nach 30—33 Stunden im Kothe angetroffen (Réaumur und Spallanzani). Bei verfüttertem Stroh dauerte es oft 7—8 Tage, bis es entleert war; bei anderer Nahrung oft nur 36 Stunden; dabei rechnet man auf die Vormägen 20, den Labmagen 1—2, den Dünndarm 2—3, den Blinddarm 7, den Grimmdarm 15, den Mastdarm 4 Stunden. Diese Angaben sind für die gewöhnliche Nahrung dieser Thiere unzutreffend. Nach unseren Beobachtungen werden die Hauptreste einer Mahlzeit am dritten und vierten Tage nach derselben entleert.

Die Aufenthaltszeiten der Nahrungsmittel in den einzelnen Abschnitten des Verdauungsschlauches habe ich noch nicht sicher festzustellen vermocht.

d) Das Schwein hat einen zwar langen, aber nicht sehr weiten Darmschlauch. Er ist 25 Mal länger als der Körper. Dünn- und Dickdarm messen im Mittel 24 *m*. Der ganze Verdauungsschlauch, Magen und Darm können im Mittel 28 *l* fassen, und zwar der Magen speciell 7—8 *l*.

Bei normaler Folge der aus Vegetabilien oder gemischter Nahrung bestehenden Mahlzeiten beginnt, nach eigenen Beobachtungen, die Entleerung der Nahrungsreste 18—24 Stunden nach der Aufnahme, und ist in 12 weiteren, also in 36 Stunden nach der Mahlzeit im Wesentlichen beendet. Kleine Reste des Unverdaulichen verweilen oft bedeutend länger, 8 Tage und darüber. Sie bleiben offenbar in den Poschen des Dickdarms liegen.

Der Uebergang des Mageninhaltes in den Darm richtet sich auch beim Schweine nach der Natur der Nahrung u. s. w. Bei fein gehacktem Fleisch beginnt der Uebergang schon in ca. $^1/_2$, bei Kartoffeln in ca. einer, bei Hafer in ca. 2—3 Stunden nach der

Mahlzeit. Gleiche Verschiedenheiten herrschen in Bezug auf das Vorschreiten der Magenentleerung. Bei unzerkleinertem trocken gegebenen Fleische (1—2 *kg*) fanden wir 6 Stunden nach der Mahlzeit noch über die Hälfte, und, wenn es mit Wasser gegeben wurde, noch $^5/_6$ des Aufgenommenen im Magen. Bei Aufnahme von 500 *g* gehacktem Fleische fand man von dem Trockenrückstand desselben vor: 1 Stunde nach der Mahlzeit noch 78, 2 Stunden nach der Mahlzeit noch 69, 4 Stunden nach der Mahlzeit noch 60, 5 Stunden nach der Mahlzeit noch 51, 8 Stunden nach der Mahlzeit noch 15 und 12 Stunden nach der Mahlzeit noch 11 pCt.

Bei Kartoffelfütterung (556 *g* Trockensubstanz aufgenommen): 2 Stunden nach der Mahlzeit fanden wir noch vor 57,6 pCt., $3^1/_2$ Stunden nach der Mahlzeit 60 pCt., $6^1/_2$ Stunden nach der Mahlzeit 22 pCt.

Bei Haferfütterung (Aufnahme 637,5 *g* Trockensubstanz). Wir fanden im Magen noch vor: 3 Stunden nach der Mahlzeit 52 pCt., 6 Stunden nach der Mahlzeit 42 pCt. und 8 Stunden nach der Mahlzeit 40 pCt. der Trockensubstanz.

Den Dünndarm durchlaufen die Hauptmassen in 2—4 Stunden. Je nach dem Uebertritt aus dem Magen in denselben langen die Reste früher oder später, ein Theil erst während und nach der nächsten Mahlzeit im Cöcum an.

Die Dauer des Aufenthaltes der Nahrungsmittelreste im Dickdarm ist, je nach Menge und Verdaulichkeit des Aufgenommenen, je nach der vorherigen Füllung und der Folge der Mahlzeiten, verschieden. Theile des Genossenen findet man schon 12 Stunden nach der Aufnahme in dem zweiten Drittel des Colon.

e) Der Darmkanal des Hundes ist verhältnissmässig kurz und besitzt eine geringe Capacität. Er ist 5 Mal länger als der Körper; Dünn- und Dickdarm messen im Mittel 5 *m*. Magen, Dünn- und Dickdarm vermögen im Durchschnitt 7 *l* Liter Inhalt zu fassen. Der Hundemagen fasst bei mittelgrossen Thieren 2—3, bei grossen 5—10 *l*.

Die Durchgangszeit der Nahrungsmittel beträgt 12—15 Stunden. Im Magen verweilt die Nahrung zum Theil bis zur nächsten Mahlzeit. Der Darmkanal wird rasch durchlaufen. Trotzdem werden die Nahrungsmittel gut ausgenutzt, weil die Hauptverdauung im Magen stattfindet. Von grossen Fleischstücken fand man die unverdauten Reste nach 12—16 Stunden noch im Magen. 1 Stunde nach der Mahlzeit sind erst Spuren nach dem Darm übergegangen; 6 Stunden nach der Mahlzeit ist ein geringer Theil des Aufgenommenen schon bis zum Colon und 9 Stunden nach der Mahlzeit bis in das Rectum vorgerückt; jetzt beginnt schon die Entleerung des vor 9 Stunden Genossenen, gemischt mit den Resten früherer Mahlzeiten; auch 3 Stunden später sind noch erhebliche Theile früherer Mahlzeiten im Kothe zu finden. Schwer verdauliche und unverdauliche Sachen (elastische Bänder, Sehnen, Knochen, Leinewandstücke) bleiben viele Tage im Magen oder im Darm (Boerhave, Spallanzani). Knochen fand man 36 Stunden nach der Aufnahme noch im Magen.

Flüssigkeiten bleiben im Hundemagen viel länger als im Magen von Pferd und Schwein, namentlich im nüchternen Magen. 1—2 Stunden nach der Aufnahme von Wasser fand man noch den bedeutendsten Theil desselben im Magen. Der Uebergang fester Nahrungsmittel nach dem Darm kann wegen des engen Pylorus nur nach mehr oder weniger vollkommener Lösung geschehen. Die Absorption muss im Hundemagen eine bedeutende sein.

Bei Aufnahme von Fleisch (68 *g* Trockensubstanz) fand man nach Schmidt-Mühlheim im Magen: 1 Stunde nach der Mahlzeit 74 pCt., 2 Stunden nach der Mahlzeit 36 pCt., 4 Stunden nach der Mahlzeit 38 pCt., 6 Stunden nach der Mahlzeit 26,4 pCt., 9 Stunden nach der Mahlzeit 10,4 pCt., 12 Stunden nach der Mahlzeit 0,1 pCt. der Trockensubstanz.

Bei Aufnahme von Reis (100 *g* Trockensubstanz) fanden wir im Magen vor: 1 Stunde nach der Mahlzeit 96,7 pCt., 2 Stunden nach der Mahlzeit 94,1 pCt., 3 Stunden nach der Mahlzeit 64,6 pCt., 4 Stunden nach der Mahlzeit 25,8 pCt., 8 Stunden nach der Mahlzeit 0,5 pCt., 10 Stunden nach der Mahlzeit 0,2 pCt. der Trockensubstanz.

II. Die physiologischen Wirkungen der Verdauungssäfte.

Einleitung. Die Verdauungssäfte entfalten mechanisch-physikalische, chemische und Fermentwirkungen.

a) **Die mechanisch-physicalischen Wirkungen.** Die Verdauungssäfte durchtränken die Nahrungsmittel mit Flüssigkeit und erweichen und maceriren dieselben; sie schliessen dabei zugleich einen Theil der Nährstoffe auf und machen dieselben anderen Einwirkungen zugänglich; sie lösen die ihnen zugänglichen und löslichen Bestandtheile der Nahrungsmittel auf; sie geben dem Magendarminhalt den nöthigen Wassergehalt, machen ihn schlüpfrig und leicht beweglich; sie erleichtern und steigern die Diffusions- und Filtrationsvorgänge im Magen- und Darminhalte und zwischen ihm und dem Blute, sie erhalten die Innenfläche der Verdauungswege schlüpfrig und dergl.

b) **Die chemischen und fermentativen Wirkungen.** Die Verdauungssäfte wandeln unlösliche Nährstoffe, z. B. Eiweiss, Leim, Stärke, Fette, in lösliche Stoffe um und lösen diese auf. Diese chemische Umwandlung der Nährstoffe geschieht unter der Einwirkung gewisser katalysirender Substanzen, die in den Verdauungssäften enthalten sind und Fermente oder Enzyme genannt werden. Unter **Fermenten** verstehen wir Stoffe, welche das Vermögen besitzen, unter gewissen Bedingungen schon in kleinster Menge an anderen Körpern chemische Vorgänge hervorzurufen. Sie werden dabei selbst nicht wesentlich verändert. Sie geben nur den Anstoss zu gewissen Atombewegungen und Umlagerungen von Molecülen ab. Die Fermente werden z. Th. im Körper höher organisirter Thiere, z. Th. in der Luft, z. Th. in Pflanzen erzeugt und finden sich in thierischen und pflanzlichen Säften, Geweben und Zellen und in der Luft.

1. Ueber die Natur der Fermente sind wir nur theilweise unterrichtet. Usuell theilt man die Fermente, die sämmtlich der organischen Natur angehören, in organisirte (geformte, direkte, belebte, vitale) und in chemische (ungeformte, leblose, indirekte) ein. *α*) Die organisirten Fermente, welche bei ihrer Einwirkung derartige Oxydations- oder Reductionsvorgänge veranlassen, die den ursprünglichen Körper vollständig zerstören, sind an das Vorhandensein gewisser Lebewesen gebunden. Es ist aber zweifelhaft, ob die Organismen das Ferment selbst repräsentiren, oder ob sie nur Träger oder ob sie nur Producenten eines als Ferment wirkenden chemischen Körpers sind. Ich bin persönlich der Ueberzeugung, dass die fraglichen Microorganismen die Producenten und damit auch die Träger der Fermente sind.

Die Menge, die Vitalität, die Fortpflanzungsfähigkeit der Organismen

bestimmt die Wirksamkeit des Fermentes. Das Ferment kann sich vermehren und sich in seiner Wirkung steigern (durch Vermehrung der Organismen). Es wird wirkungslos bei allen Einwirkungen, die das organische Leben vernichten, bei Einwirkung zu hoher und zu niederer Temperaturen, bei der Abwesenheit von O u. s. w.

β) Unter ungeformten Fermenten versteht man chemische Körper, deren Wirksamkeit unseres Wissens nicht an das Vorhandensein von Lebewesen gebunden ist. Sie entfalten die Fermentwirkungen auch bei Abwesenheit von O und sind, vom Orte ihrer Entstehung getrennt, nicht vermehrungsfähig. Zu diesen Fermenten rechnet man die Enzyme der Verdauungssäfte (das Ptyalin, das Pepsin, das Labferment, das Trypsin, das amylolytische Ferment des Pancreassaftes, das Fettferment) und ausserdem das Emulsin, Myrosin, Papayotin, Papayin und andere pflanzliche Fermente.

Nach meiner Ansicht ist die genannte Eintheilung der Fermente in belebte und unbelebte nicht stichhaltig. Ich glaube, dass alle Fermente von Microorganismen oder lebenden, zelligen Gebilden producirt werden; die eine Art der Fermente wird frei und kann für sich allein wirken; die andere Fermentart ist an die Lebewesen oder Zellen gebunden und muss von diesen reproducirt und regenerirt werden. Die ersteren sind von den Lebewesen und Zellen leicht zu scheiden (durch Filtration, Diffusion, Extraction); die letzteren sind dagegen schwer und kaum in wirksamer Menge frei von den Organismen zu erhalten; die Wirksamkeit der letzteren erlischt deshalb auch, wenn die Lebewesen sterben und damit die Neuproduction des Fermentes fehlt. Offenbar verfallen sie, sobald sie von ihren Erzeugern, den Microorganismen, getrennt sind, chemischen Zersetzungen und verlieren dadurch ihre Wirksamkeit. In den Verdauungshöhlen kommen nicht nur Fermente vor, die aus dem Körper stammen und den Verdauungssäften angehören, sondern auch Fermente, die in den Nahrungsmitteln enthalten sind (Ellenberger und Hofmeister) und Fermente, resp. Microorganismen, die mit der verschluckten Luft dahin gelangen und sich event. dort vermehren. Auch die Nahrungsmittel- und die Luftfermente gelangen im Verdauungskanale zur Wirkung.

Alle Enzyme sind in Wasser und die meisten in Glycerin löslich und durch Alkohol fällbar; der Alkoholniederschlag ist wieder löslich in Wasser. Die Fermente werden beim Herausfallen indifferenter Niederschläge mit niedergerissen. Sie sind in der Regel schwer diffundirbar. — Viele Forscher haben sich bemüht, die ungeformten Fermente zu isoliren, indem sie Niederschläge aus fermenthaltigen Flüssigkeiten herstellten und diese in verschiedener Weise behandelten (Brücke, Danilewsky, Cohnheim, Aug. Schmidt, Hüfner, Maly, Kühne, Barth, O. Löw). Bis jetzt ist jedoch die Reindarstellung der Enzyme noch nicht gelungen.

2. Die Wirkung der Fermente. Wenn uns auch die Art und Weise der Einwirkung (die Wirkungsweise) der Fermente noch un-

bekannt ist, so kennen wir doch ihre Effecte und den chemischen Vorgang der Wirkung und die Bedingungen, unter denen die Wirkung eintritt. Die Fermentwirkung besteht gewöhnlich in einer Spaltung complicirt zusammengesetzter Körper in einfachere Molecüle unter Aufnahme von Wasser (Hydration von Anhydriden) und unter Umsetzung von Spannkraft in lebendige Kraft (Wärme). Dabei gehen die Atome aus einem labilen in ein stabileres Gleichgewicht über. Das Ferment ist die auslösende Kraft, es giebt den Anstoss zum Freiwerden der lebenden Kraft. Die bei der Fermentwirkung entstehenden Spaltungsproducte sind meist in Wasser, alkalischen und schwach sauren Salzlösungen löslich. Die Verdauungsenzyme und die Nahrungsmittelfermente wandeln die hoch zusammengesetzten unlöslichen Nährstoffe (Stärke, Eiweiss etc.) durch eine Reihe chemischer Vorgänge (hydrolytische Spaltungen) in lösliche Stoffe (Zucker, Pepton u. s. w.) um. Diese werden dann unter Bindung von Wärme gelöst. So kann, es kommen, dass man bei einer derartigen Fermentwirkung eine Wärmeabsorption constatirt (Maly). Die Atombewegung, welche den Uebergang eines Atomcomplexes aus einem labilen in ein stabileres Gleichgewicht herbeigeführt (Umwandlung von Stärke in Dextrin und Zucker), geschieht unter Freiwerden von Wärme, die Auflösung des Zuckers und Dextrins in Wasser unter Bindung von Wärme; überwiegt die Wärmebindung, dann ist der Effect: Wärmeabsorption. Alle Fermente besitzen die Eigenschaft Wasserstoffhyperoxyd zu zerlegen und nur in Gegenwart von Wasser und bei einer bestimmten Temperatur zu wirken. Die Temperaturgrenzen sind nach der Natur der Fermente, nach der Thierart und nach sonstigen Umständen verschieden. Im feuchten Zustande werden manche Fermente schon bei + 50 bis 70° C. dauernd unwirksam, während sie im eingetrockneten Zustande Temperaturen von 150 bis 160° derart ertragen (Salkowsky, A. Mayer, Hüfner, Hüppe und Al. Schmidt), dass sie bei entsprechender Abkühlung und Zusatz von Wasser wieder wirksam werden. Das Temperatur-Optimum liegt bei den Verdauungsfermenten der Warmblüter zwischen 30 und 50° C. Der Magensaft der homoiothermen Thiere wirkt bei + 10° nur noch wenig, bei 0° gar nicht mehr, der der poikilothermen Thiere wirkt bei + 5 bis 15° sehr gut und bei + 15° besser als bei + 40°. Die Gegenwart gewisser Stoffe (Salze, Säuren, Alkalien) ermöglicht, steigert, hemmt oder hebt die Fermentwirkung auf. Aether hebt z. B. die Fermentwirkung selbst bei langer Einwirkung auf die Fermente nicht auf. Alkohol hat selbst als Alkohol absolutus keinen nachtheiligen Einfluss auf die Fermente und ihre spätere Wirksamkeit. Bei allen Fermentwirkungen hindern ihre sich anhäufenden Producte, sobald sie in gewisser Concentration zugegen sind, die weitere Fermentation. Auch bei den Verdauungsfermenten habe ich dies vielfach beobachtet. Soll eine Fermentation andauern, dann müssen die Produkte der Fermentwirkung rasch beseitigt werden. — Die Menge der entstehenden Umwandlungsproducte steht nach unseren Unter-

suchungen und denen von Roberts in einem bestimmten Verhältnisse zur Menge des wirkenden Fermentes und zur Dauer der Wirkung. Die Zeit, in welcher eine bestimmte Menge einer zu fermentirenden Substanz umgewandelt wird, ist cet. par. der Menge des wirkenden Fermentes umgekehrt proportional (Ellenberger und Hofmeister). Jedes Molecül des umzuwandelnden Stoffes muss mit einem Molecül des Fermentes in Berührung gelangen, wenn ersterer vollständig umgewandelt werden soll.

Um eine Vorstellung von den durch die Fermente eingeleiteten Spaltungen zu geben, seien nachstehend einige Beispiele von Fermentationen angegeben:

1. Stärke $2(C_6H_{10}O_5)$ wird durch Ptyalin unter Aufnahme von H_2O gespalten in Dextrin $C_6H_{10}O_5$ und Traubenzucker $C_6H_{12}O_6$. Die Spaltungsproducte enthalten ein H_2O mehr als die Stärke.

Man kann den Vorgang auch folgendermaassen ausdrücken:

$$4(C_6H_{10}O_5) + 3H_2O = C_6H_{10}O_5 + 3(C_6H_{12}O_6).$$

2. $$C_6H_{12}O_6 \text{ (Zucker)} = 2(C_2H_6O) \text{ (Alcohol)} + 2CO_2.$$

3. $$C_3H_5(C_{17}H_{34} - COOH)_3 + 3H_2O \text{ (Fett)} = C_3H_5(OH_3) + C_{17}H_{35}COOH)_3 \text{ oder}$$

$$C_3H_5 \begin{cases} O \cdot CO \cdot C_n \cdot H_{2n} + 1 \\ O \cdot CO \cdot C_n \cdot H_{2n} + 1 \\ O \cdot CO \cdot C_n \cdot H_{2n} + 1 \end{cases} + 3H_2O = C_3H_5 \begin{cases} OH \\ OH \\ OH \end{cases} + 3(HOCOC_nH_{2n} + 1)$$

oder $C_3H_5(C_{18}H_{35}O_2)_3 + 3H_2O = C_3H_5(OH)_3 + 3(C_{18}H_{36}O_2)$

Tristearin = Glycerin + Stearinsäure

= Fettspaltung.

4. $C_{12}H_{22}O_{11}$ (Rohrzucker) + $H_2O = 2(C_6H_{12}O_6) = 4(C_3H_6O_3)$ (Milchsäure)

= Milchsäuregährung.

5. $$4(C_3H_6O_3) + 2(H_2O) = \frac{C_4H_8O_2}{C_4H_8O_2} + \frac{2(CO_3H_2) + H_4}{2CO_2 + H_2O + H_4}$$

Milchsäure = Buttersäure, Kohlensäure, Wasserstoff

= Buttersäuregährung.

6. $$n(C_6H_{10}O_5) + n(H_2O) = 3n(CO_2) + 3n(CH_4)$$

Cellulose — Kohlensäure — Sumpfgas

= Cellulosegährung.

7. $$C_{26}H_{45}NSO_7 + H_2O = C_2H_7NSO_3 + C_{24}H_{40}O_5$$

Taurocholsäure = Taurin + Cholalsäure.

8. $$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 2(C_6H_{12}O_6)$$

(Inversion von Rohrzucker).

1. Der Speichel (s. S. 494).

A. Die **Fermentwirkung** des Speichels richtet sich wesentlich nur auf einen Nährstoff, die Stärke. Der Speichel macht diesen unlöslichen Nährstoff löslich (Amylolyse, Stärkeverdauung). Diese Wirkung beruht in dem Einflusse eines im Speichel enthaltenen Fermentes, welches zuckerbildendes, saccharificirendes, amylolytisches, diastatisches, Speichelferment oder Ptyalin genannt wird (hierüber s. vorn, S. 502).

Leuchs hat 1831, nachdem Dubrunfaut 1830 die Wirkung der Diastase auf Stärke festgestellt hatte, zuerst angegeben, dass der Speichel das Stärkemehl unter Umwandlung desselben in Zucker löse. Durch andere Experimentatoren (Joh. Müller, Vogel, Beaumont, Schwann, Berzelius, Purkinje, Frerichs, Bidder und Schmidt, Lehmann u. A.) wurden die Angaben von Leuchs bestätigt, und durch Cohnheim, Oehl, Schiff, Wittich, Grützner das Ferment zu isoliren gesucht. Cl. Bernard, Blondlot und Roux sprechen dem frischen Speichel das saccharificirende Vermögen ab und lassen ihn erst durch Stehen an der Luft etwas wirksam werden. Meine eigenen Beobachtungen und diejenigen Goldschmidt's zeigen allerdings, dass ein unter antiseptischen Cautelen aufgefangener, unwirksamer Speichel durch Stehen an der Luft wirksam werden kann. Wir sahen aber auch, dass gut wirksamer Speichel durch Stehen an der Luft an Wirksamkeit einbüsste.

Das diastatische Ferment findet sich aber nicht nur im Speichel, sondern auch in der Galle, im Pancreas-, Darm- uud Magensaft. In Spuren ist dasselbe in fast allen Geweben und Flüssigkeiten des Thierkörpers vorhanden (Lépine, Ellenberger und Hofmeister). Alle todten thierischen Gewebe wirken in geringem Grade diastatisch (Wittich, Kühne, Paschutin, Bernard, Seegen, Kratschmer, Maly u. A.). Bei intravasculärer Injection hebt das diastatische Ferment die Gerinnungsfähigkeit des Blutes auf.

Mialhe hatte gelehrt, dass die Wirkung des Speichels darin bestehe, dass er die Stärke zuerst in Dextrin und dann dieses in Zucker umwandele. Diese Lehre wurde längere Zeit von allen Physiologen als richtig anerkannt, bis Musculus 1860 bewiess, dass Dextrin und Zucker nicht nacheinander, sondern nebeneinander ent- und bestehen und dass die Speichelwirkung wahrscheinlich in einer unter Wasseraufnahme erfolgenden Spaltung der Stärke in Dextrin und Zucker beruhe. Durch Musculus und Payen, Schwarzer, Paschutin, E. Schulze, Maercker, Gruber, wurde dann weiter festgestellt, dass die Diastase und das Ptyalin, (welche sich übrigens z. B. dadurch von einander unterscheiden, dass ersteres bei 60—70°, letzteres bei 35—40° C. am kräftigsten wirkt) immer nur einen gewissen Theil, ungefähr die Hälfte, der verwendeten Stärke in Zucker und den anderen Theil in eine Dextrinart, das Achroodextrin, umwandeln, welches durch Diastase und Ptyalin nicht weiter verändert werden kann.

Im Gegensatze zu den Fermenten wandeln verdünnte Säuren (beim Kochen) alle Stärke in Zucker um. Ein Stärke-Speichelgemisch giebt nach der Digestion nur 45—48 pCt. derjenigen Zuckermenge, welche bei sechsstündigem Kochen derselben Stärkequantität mit 1 pCt. Schwefelsäure entsteht.

Weitere Untersuchungen ergaben, dass sich bei der Diastase- resp. Ptyalinwirkung noch verschiedene andere Körper als Uebergangsproducte bilden (Musculus, Nasse, Brücke, Bordonneau, Nägeli, Griesmayer u. A.). Diese Untersuchungen sind zwar noch nicht abgeschlossen; es ist aber jetzt schon sicher anzunehmen, dass die früher als Erythrodextrin u. s. w. geschilderten Stoffe keine reinen chemischen Körper, sondern nur Gemenge sind. Empirisch steht Folgendes fest: Bei der Stärkeverdauung geht die unlösliche, rohe oder gekochte Stärke, welche bei Jodzusatz eine körnige Bläuung wahrnehmen lässt, in eine lösliche Modification über, welche bei Jodzusatz eine gleichmässige Blau-

färbung ergiebt. Man nennt diesen durch Tannin und Alkohol fällbaren Körper: lösliche Stärke (Béchamp), Amilodextrin (Nägeli), Amidulin (Nasse), Amylogen (Bordonneau). Bei längerer Fermentwirkung verschwindet dieser Körper, was man daraus ersieht, dass Tannin keinen Niederschlag mehr giebt. Dabei geht die Stärkelösung bald eine derartige weitere Veränderung ein, dass sich das Verdauungsgemisch mit verdünnter Jodlösung roth färbt. Man glaubte, dass der sich rothfärbende, durch Alkohol fällbare Stoff ein besonderer Körper sei, und nannte ihn Erythrodextrin (Brücke), Dextrin (Nasse), Dextrin I (Griesmayer), Dextrin α (Bordonneau). Nebenher kommt in dem Verdauungsgemisch schon Zucker vor. Nach einiger Zeit verschwindet die Erythrodextrinreaction. Das nun vorhandene Verdauungsgemisch, welches keine Jodreaction mehr giebt, besteht mindestens aus 2 Körpern als den Endproducten der Amylolyse, nämlich aus einer auf Jod nicht reagirenden Dextrin- und einer Kupferoxyd reducirenden Zuckerart, welche beiden Körper durch das diastatische Speichelferment nicht mehr umgewandelt werden können. Das Dextrin ist Achroodextrin [Dextrin II (Griessmayer), Dextrinogen (Nasse), Dextrin β (Bordonneau)] genannt worden, und kommt vielleicht in mehreren Arten vor (Musculus und Gruber). Der entstandene Zucker, dessen Vorhandensein qualitativ nach den Methoden (Zuckerproben) von Trommer, Fehling, Moore und Heller, Böttger, Mulder und Neubauer, Rung und Reich leicht nachgewiesen werden kann, wurde früher für Traubenzucker (Glycose, Dextrose) gehalten. Musculus, Mehring, Sullivan, Contaret haben aber dargethan, dass zwar vielleicht etwas Traubenzucker (nach Bimmermann ca. 1 pCt.) entsteht, dass aber der grösste Theil des sich bildenden Zuckers eine andere Zuckerart, der Speichelzucker ist, der nach ihnen mit der Maltose ($C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$) identisch, nach Nasse aber ein ganz besonderer Körper ist, den er Ptyalose nennt, und der ein geringeres Reductionsvermögen für Kupfer als der Traubenzucker hat (100 Maltose reduciren so viel Kupferoxyd als 65—66 Traubenzucker). Bei sehr langen Einwirkungen des Fermentes wird vielleicht ein Theil der Maltose zu Traubenzucker. Im Blute findet man weder Maltose noch Dextrin. Es müssen also diese Körper bei oder kurz nach der Resorption in Traubenzucker übergehen. Vielleicht entsteht auch die Maltose nur bei der künstlichen Verdauung, während sich bei der natürlichen Verdauung im Magen Traubenzucker bildet. Es scheint, dass die Maltose und das Achroodextrin durch Microorganismen im Darm z. Th. in Dextrose übergehen. Ein Theil des Dextrin bleibt unverändert (Dystropodextrin, Seegen).

Anmerkung. Wenn Stärke mit Säuren, z. B. mit Schwefelsäure (2—4 pCt.) oder Salzsäure (1—2 pCt.) gekocht wird, dann entsteht schliesslich Traubenzucker und nicht Maltose. Wirkt Diastase auf Stärke ein, dann entsteht Maltose und nicht Traubenzucker (O. Sullivan, E. Schulze). — Steht ein einprocentiger filtrirter, wässeriger Kleister längere Zeit an der Luft, dann macht er nach Griessmayer

folgende Veränderungen und zwar sehr langsam durch: zuerst besteht Bläuung mit Jod, dann tritt Violettfärbung (Amidulin + Erythrodextrin), dann Rothfärbung (Erythrodextrin) ein, dann verschwindet die Jod- und es tritt die Kupferreaction ein. — Beim Rösten von Stärke entsteht Amidulin und Erythrodextrin.

Das Saccharificationsvermögen des Speichels wird an dem Verschwinden des Amylum (Nichteintreten der Jodreaction) und an dem Auftreten des Zuckers in den Verdauungsgemischen erkannt. Die Jodreaction der Stärke und des Erythrodextrins kann aber durch verschiedene Umstände, z. B. durch die Gegenwart gewisser thierischer Flüssigkeiten (Muskelsaft, Bauchspeichel, Harn, Pansenflüssigkeit, unter Umständen selbst Speichel u. dergl.) verschwinden, resp. verdeckt werden. Das Nichteintreten der Jodreaction ist also kein Zeichen davon, dass alle Stärke in Achroodextrin und Zucker umgewandelt ist. Dieser Beweis wird besser durch die quantitative Bestimmung des Zuckers in dem Verdauungsgemische und weiterhin dadurch erbracht, dass letzteres mit 1 pCt. Schwefelsäure gekocht und festgestellt wird, ob der Zuckergehalt noch steigt oder nicht, ob also noch Stärke und veränderliches Dextrin zugegen ist. — Die Methoden der Dextrin-, Zucker- und Stärkebestimmung können aus Raummangel nicht genau besprochen werden. Die Dextrine kann man in der Weise bestimmen, dass man sie durch Alkohol ausfällt und dann durch Kochen mit Säuren in Zucker überführt und diesen quantitativ bestimmt. Die Stärke selbst stellt man fest durch Ueberführen derselben in Zucker (durch Kochen mit Salz- oder Schwefelsäure) und durch quantitative Zuckerbestimmung. Die quantitativen Zuckerbestimmungen werden in verschiedener Weise ausgeführt. Wir verwenden in der Regel die Titrirung und zwar die Fehling'sche Methode und stellen die Menge des reducirten Kupferoxyds gewichtsanalytisch fest. Der Zucker kann aber auch durch Gährung und durch Polarisation bestimmt werden.

Aus den obigen Darlegungen ergiebt sich, dass der Speichel die Stärke in Achroodextrin und Zucker (Maltose s. Ptyalose) spaltet, dass also die verdauende Wirkung des Speichels darin besteht, dass er die unlösliche Stärke in lösliche und diffusible Nährstoffe umwandelt. Im Magen und Darm geht ein erheblicher Theil des entstandenen Zuckers und Dextrins sehr rasch in Milchsäure über, sodass man z. B. oft in den Vormägen der Wiederkäuer, woselbst diese Gährung ausserordentlich rasch erfolgt, viel Milchsäure, aber wenig oder gar keinen Zucker findet.

Der Speichel wandelt auch Glycogen zu 60 pCt. in Zucker (Maltose) und das Uebrige in Dextrin um (Seegen). Das Reductionsvermögen des Verdauungsgemisches ergiebt nur 34—40 pCt. (Seegen) oder 37—38 pCt. der mit Schwefelsäure zu erhaltenden Zuckermenge. — Salicin wird vom Ptyalin in Saligenin und Zucker gespalten (Frerichs, Städeler).

Schnelligkeit der Amylolyse. In Gemischen von Kleister und gemischtem Speichel (des Menschen, des Pferdes, des Schweines u. s. w.) findet man schon nach $^1/_4$—$^1/_2$ Minute Digestionszeit Zucker. Die Wirkung des Speichels auf Kleister ist also eine augenblickliche. Amidulin entsteht im Momente der Mischung. In stärkemehlhaltigen rohen Nahrungsmitteln findet man bei Speicheleinwirkung nach 2—3 Minuten Zucker (Ellenberger und Hofmeister). Die entgegenstehenden Angaben von Barreswil und Cl. Bernard, die übrigens das Ptyalin und das Pepsin für identisch hielten, sind unrichtig. Wir verabreichten Pferden,

deren Schlund durchschnitten worden war, rohe zuckerfreie Kartoffeln oder zuckerfreien Hafer und fingen die gekauten, eingespeichelten und abgeschluckten Massen aus dem Schlunde auf. Zunächst waren dieselben noch zuckerfrei; nach 1—2 Minuten langem Stehen waren sie zuckerhaltig. — Durch unsere neuesten Untersuchungen wird es für den Hafer allerdings fraglich, ob hier das Speichel- oder das Haferferment gewirkt hat, für die Kartoffeln ist es zweifellos, dass das Speichelferment thätig war.

Die käufliche, rohe Stärke wird im Verdauungsofen durch Speichel nur schwer und erst spät umgewandelt. Nach Hammarsten wirkt der menschliche Speichel auf rohe Stärke verdauend ein: bei Kartoffel- und Erbsenstärke nach 2—4, bei Weizenstärke nach $^1/_2$ — 1 Stunde, bei Gersten-, Hafer-, Roggen- und Maisstärke nach 2—15 Minuten. Die Kleisterarten lassen keinen Unterschied in der Verdauungszeit erkennen. Die Verschiedenheit in der Verdaulichkeit der rohen Stärke liegt jedenfalls in der Verschiedenheit der Cellulosehüllen begründet. Bei unseren Verdauungsversuchen mit Hausthierspeichel konnte die Zuckerbildung aus käuflicher, roher Stärke bei Anwendung von gemischtem Speichel nach 15 — 30 Minuten, bei Anwendung einzelner Speichelarten erst sehr spät oder gar nicht constatirt werden.

Wirkung der einzelnen Speichelarten. Der **Gesammtspeichel** unserer Hausthiere wirkt bedeutend kräftiger als die einzelnen Speichelarten für sich (Ellenberger und Hofmeister). Ebenso wirkt eine künstlich hergestellte Mischung der einzelnen Speichelarten und der isolirt dargestellten Extracte der Speicheldrüsen schwächer als der natürliche gemischte Speichel, aber stärker als jede einzelne Speichelart oder jedes einzelne Extract. Diese Thatsachen dürften theilweise ihre Erklärung in dem Vorhandensein von saccharificirenden Pilzen in der Luft und in der Mundhöhle finden.

Auf meine Veranlassung hat Goldschmidt eine Reihe von Untersuchungen über diese Frage angestellt. Die Goldschmidt'schen Versuche ergaben: 1. dass der sogenannte antiseptische (keine Luftkeime enthaltende) Parotiden-Speichel des Pferdes keine Amylolyse ausübte, während dies von dem gewöhnlichen Speichel der Fall war. 2. Der antiseptische Speichel kann durch Stehen an der Luft wirksam werden. 3. Der in verschlossenem Gefässe aufbewahrte, antiseptische Parotidenspeichel trübt sich nicht, während dies gewöhnlicher Speichel rasch thut. 4. In der atmosphärischen Luft befindet sich wenigstens ein Schimmelpilz, der eine diastatische Wirkung auf Stärke entfaltet. 5. Es scheint im Speichel ein vitales, amylolytisches Ferment vorzukommen.

Sonach lässt sich die Steigerung der Wirkung des gemischten Speichels zum Theil daraus erklären, dass der in die Mundhöhle ergossene Speichel sich dort mit lebenden, vermehrungsfähigen, amylolytischen Pilzen mischt, die in der Luft vorkommen und sich folglich auch in der Mundhöhle vorfinden und sich daselbst wahrscheinlich (an und zwischen den Zähnen, in den Schleimhautgruben) lebhaft vermehren.

Die früheren Angaben von Bidder und Schmidt, Jacubowitsch, Lehmann, Roux u. A., dass nur der gemischte Speichel saccharificirend wirke, dass aber jede Speichelart für sich wirkungslos sei und dass erst bei Mischung mehrerer Speichelarten die diastatische Wirkung hervortrete, sind unrichtig.

Die stärkere Wirkung des gemischten Speichels gegenüber den

einzelnen Speichelarten erklärt sich vielleicht auch daraus, dass die aus den Zungenbalgdrüsen und den Tonsillen dem Speichel zuwandernden Leucocyten (Stöhr) saccharificirendes Ferment enthalten (Rossbach).

In Bezug auf die Wirkung **der Secrete der einzelnen Speicheldrüsen** herrscht nach unseren Untersuchungen grosse Inconstanz; jedoch möchten wir die Parotis im Allgemeinen als die fermentreichste und die Orbitalis des Hundes als die fermentärmste, wenn nicht fermentfreie Drüse bezeichnen. Die Speicheldrüsen besitzen das saccharificirende Ferment in so erheblich grösserer Menge als, abgesehen von der Leber und dem Pancreas, die übrigen Gewebe und Organe des Thierkörpers (Lépine, Ellenberger und Hofmeister), dass sie ganz zweifellos als specielle Producenten desselben aufgefasst werden müssen (s. oben).

a) Der **Parotidenspeichel** sollte nach Bidder und Schmidt, Milne-Edwards u. A. unwirksam sein. Unsere Untersuchungen über den Ptyalingehalt des Parotidenspeichels des Pferdes (zu verschiedenen Zeiten, im Januar, Februar, April, Juli, gewonnen) lehrten, dass der zuerst nach der Ruhe, bei Beginn des Fressens secernirte Parotidenspeichel reich an zuckerbildendem Ferment ist, während der Fermentgehalt in dem weiterhin secernirten Speichel so bedeutend abnimmt, dass die Forscher, welche mit diesem Speichel experimentirten, wohl die Behauptung aussprechen konnten, die Parotis des Pferdes bilde kein Ferment. Unsere Versuchsresultate beweisen aber unzweifelhaft das Vorhandensein eines zuckerbildenden Fermentes im frischen Parotidenspeichel. Wenn durch Speichel, wie dies bei dem in der ersten Zeit der Secretion aufgefangenen Parotidenspeichel der Fall war, schon nach 1—3 Stunden Kleister in Zucker übergeht, während dies dnrch Wasser und eiweisshaltige Flüssigkeiten nach 72 resp. 48 Stunden noch nicht oder in Spuren geschieht, so beweist dies zur Genüge, dass der Speichel ein zuckerbildendes Ferment besitzt. Der Parotidenspeichel des Rindes und die Extracte der Parotis von dem Schafe, dem Schweine, dem Hunde zeigten ebenfalls amylolytisches Vermögen (Ordenstein bestreitet dies). Der Speichel des Schweines wirkte allerdings in bedeutend höherem Grade als derjenige der Herbi- und Carnivoren; seine Wirkung überstieg die des Parotidenspeichels des Pferdes um das 4- bis 5-fache. Der Parotidenspeichel des Menschen ist sehr wirksam.

b) Der **Submaxillarspeichel**, den Cl. Bernard unwirksam fand, besitzt nicht nur beim Menschen, sondern auch beim Pferde ein zuckerbildendes Ferment (Ellenberger und Hofmeister).

Der Submaxillarspeichel vom Rinde verzuckerte Kleister nach $2^1/_2$ Stunden.

Die Extracte der Submaxillardrüsen des Schafes, des Schweines und des Hundes besitzen sämmtlich ein saccharificirendes Vermögen. Am fermentreichsten fanden wir das Submaxillarextract des Schweines.

c) Die Sublingual-, Palatinal-, Buccal- und Labialextracte von Pferd, Rind, Schaf, Schwein besitzen ein amylolytisches Vermögen; alle diese Extracte wandelten bei unseren Versuchen in 1—5 Stunden gewisse Quantitäten von Kleister in lösliche Producte, Zucker u. s. w. um. Auf rohe Stärke waren sie ohne Einfluss. Das Extract der Orbitalis des Hundes besitzt kein saccharificirendes Vermögen.

Um den Behauptungen von Cl. Bernard, Colin, Roux u. A. gegenüber die Gegenwart des amylolytischen Fermentes in den genannten Drüsen noch weiter zu beweisen, haben wir aus den Secreten und Extracten Alkoholniederschläge hergestellt und diese später wieder gelöst und auf gekochte und rohe Stärke einwirken lassen;

stets erhielten wir in kurzer Zeit Zucker. — Wurden gekochter Speichel und gekochte Extracte auf Stärke angewendet, dann entstand kein Zucker oder erst nach 36—72 Stunden.

Verschiedenheiten der Speichelwirkung nach der Thierart. Der Grad des saccharificirenden Vermögens des gemischten Speichels sowohl als der einzelnen Speichelarten ist nach der Thierart sehr verschieden. Der Speichel des Menschen wirkt sehr stark amylolytisch, dann folgen Schwein, Hund, Schaf, Pferd, Rind (Ellenberger und Hofmeister). Unter den Hausthieren liefert das Schwein den bei weitem am besten saccharificirenden Speichel.

Astaschewski ordnet: Ratte, Kaninchen, Katze, Hund, Schaf, Ziege. Grützner fand bei Carnivoren kein, bei Herbivoren viel und nur beim Pferde kein amylolytisches Ferment im Speichel. Cohnheim fand bei Rind und Schwein kein Ferment. Andere Angaben lassen wir unberücksichtigt. —

Der Speichel neugeborener Thiere besitzt ein saccharificirendes Vermögen (Schiffer, Sonsino, Korowin, Ellenberger und Hofmeister), was H. Bayer bestreitet.

Verschiedenheiten nach der Secretionszeit. Der früh Morgens und zu Beginn einer Mahlzeit secernirte Speichel ist wirksamer als der später secernirte, sodass bei einer langen Mahlzeit der Speichel sogar fermentfrei werden kann (Ellenberger und Hofmeister).

Das in den Drüsenzellen während der Secretionspausen aufgespeicherte Fermentmaterial wird bald verbraucht; während der Secretion können die in anderer Richtung beschäftigten Zellen nur wenig Ferment produciren. Sonach muss der während einer Secretionsperiode später secernirte Speichel arm, ja nahezu frei von Ferment sein. —

Verschiedenheiten der Speichelwirkung nach der Art der Stärke. Hierüber s. S. 766.

Verhalten des Speichelfermentes zu Säuren. Mit dieser Frage haben sich Wright, Sebastian, Bernard, Barreswil, Longet, Smith, Paschutin, Lehmann, v. Schröder, Brücke, Schiff, Brown-Sequard, Bidder und Schmidt, Jacubowitsch, Frerichs, Lehmann, Ebstein, Hammarsten, Falk, Langley, Ewes u. A. beschäftigt und sind zu verschiedenen Resultaten gelangt. Unsere eigenen Vesuchsresultate stimmen im Wesentlichen mit denen der neueren Forscher überein. Wir fanden, dass ganz geringe Mengen Säure die diastatische Speichelwirkung nicht hindern, sondern im Gegentheile etwas steigern (dies fand auch Chittenden). Stärkere Ansäuerung hemmt resp. mindert die Speichelwirkung oder hebt sie ganz auf; organische Säuren wirken viel weniger schädlich als anorganische. Salzsäure hemmt die Amylolyse schon bei 0,02 pCt. und hebt sie bei 0,03—0,05 pCt. vollständig auf (Ellenberger und Hofmeister, bei 0,1 pCt. nach Brücke). Milchsäure kann in mehr als 10, ja 20facher Menge der angegebenen Salzsäureconcentration zugegen sein, ehe sie die Fermentation beeinträchtigt oder aufhebt (Ellenberger und Hofmeister). Die entgegenstehenden Angaben von Boas müssen auf Irrungen beruhen.

Im Magensafte und in der Magenflüssigkeit kann der Säuregrad ein höherer sein als im Wasser, ehe er die Fermentation hindert

(Ellenberger und Hofmeister). Die Angabe von Bidder und Schmidt, dass der Speichel im Magen wirkungslos sei, ist falsch. Die Gegenwart von Eiweisskörpern, von Pepsin und Pepton setzt die schädliche Einwirkung der Säuren herab. Ich kann die Angabe, dass das Ptyalin durch den Magensaft verdaut werde (Chittenden, Griswald, Langley) nicht bestätigen. Peptonhaltige Salzsäure wirkt auf das Ptyalin viel milder als reine Salzsäure, ja beinahe so mild ein wie reine Milchsäure. Dies bestätigen auch Nylen, Chittenden und Ely. Es kann mithin im Magen schon eine stark saure Reaction zugegen sein, ohne dass die Stärkeverdauung (durch den Speichel) aufgehoben wird.

Wenn die Säureconcentration so bedeutend ist, dass die Amylolyse thatsächlich aufhört, dann wird bei verhältnissmässig schwachen Säureconcentrationen und bei kurzer Einwirkung der Säure das Ferment nach unseren und anderen Beobachtungen nicht dauernd, sondern nur vorübergehend unwirksam; es verhält sich dann wie ein scheintodtes (ohnmächtiges) Lebewesen; beim Neutralisiren und Alkalisiren tritt seine Wirksamkeit, wenn auch schwächer, wieder hervor. Bei stärkerer Säureconcentration und bei längerer (mehr als $^1/_2$ stündiger) Einwirkung der Säure wird das Ferment vernichtet, ertödtet (Chittenden, Grieswald, Langley, Ellenberger und Hofmeister).

Verhalten der Fermentwirkungen zu verschiedenen Zusätzen. Kochsalz (bis 3,5 pCt.), Salmiak, Natriumsulfatzusatz (etwa 4 pCt.), CO_2, die Acetate von Chinin, Strychnin, Morphin, sodann Curare und 0,02 pCt. Schwefelsäure steigern die amylolytische Speichelwirkung (O. Nasse, E. Pfeiffer), Soda verlangsamt sie; Alkohol hebt in stärkerer Concentration die Fermentwirkung auf, ebenso Kalilauge, arsenige Säure, grössere Mengen aller organischen und anorganischen Säuren und des Chinin, ferner Borax, Invertin, Myrosin, Emulsin u. s. w.; ein schwacher Peptonzusatz steigert die Amylolyse (eigene Beobachtung). Die Antiseptica (Carbol-, Salicylsäure u. s. w.) hemmen die Wirkung nicht, wenn sie sehr verdünnt angewendet werden; aber schon eine ca. einprocentige Salicyl- und eine fünfprocentige Carbolsäure hebt die Fermentation auf. Das salicylsaure Natrium hat diese Wirkung nicht. Ammonium und Chlorkalium, Natriumcarbonat und Magnesiumsulfat und Atropin beeinträchtigen die Ptyalinwirkung.

Verhalten zu verschiedenen Temperaturgraden. Am besten wirkt der Speichel bei der normalen Bluttemperatur; bei sehr niederen und sehr hohen Temperaturen verlangsamt sich und erlischt die Speichelwirkung; bei + 60 bis 66° C. wird das Ferment wirkungslos; durch eine Temperatur von 73° (Paschutin) und natürlich auch durch Kochen wird es zerstört. Beim Sinken der Temperatur unter + 30° C. wird die Speichelwirkung verlangsamt und zwar um so mehr, je mehr die Temperatur sinkt, sodass z. B. bei 15° C. die doppelte, bei 1° die 10fache Zeit verstreicht, ehe eine gleiche Menge Stärkekleister verdaut wird als bei einer Temperatur von 40° C.

Dauer der Wirksamkeit. Antiseptisch gehaltener Speichel sowohl, als auch das mit Alkohol niedergeschlagene Ferment, können sehr lange aufgehoben werden, ohne dass deren Wirksamkeit erlischt. Lässt man aber den Speichel auf Stärke einwirken und gebraucht ihn mehrfach zu neuen Verdauungsversuchen, dann nimmt seine Leistungsfähigkeit ab (Paschutin, Ellenberger und Hofmeister). Dies scheint aber nicht auf Selbstverdauung des Fermentes zu beruhen, sondern auf der Wirkung

der Fermentationsproducte, die man vor der Neuanwendung nicht ganz und gar beseitigen kann.

Zum Schlusse sei noch erwähnt, dass die in den Nahrungsmitteln enthaltene Stärke im Verdauungsschlauche, auch ohne dass fermenthaltiger Speichel zur Nahrung gelangt, verdaut werden kann und verdaut wird und zwar durch Luft- und Nahrungsfermente, durch den Pancreas- und Darmsaft und die Galle. Auch sei noch bemerkt, dass die im Munde an den Zähnen sich entwickelnden Microorganismen diastatische Eigenschaften besitzen (Béchamp, Ellenberger und Goldschmidt).

B. **Die mechanische Wirkung des Speichels.** Neben der amylolytischen Fermentwirkung besitzt der Speichel noch wichtige mechanische Wirkungen. Er extrahirt die Salze und sonstige lösliche Nährstoffe aus den Nahrungsmitteln und ist zum Kauen, zum Schmecken, zum Schlingen und zum Wiederkauen durchaus nothwendig (Cl. Bernard, J. Müller, Beaumont, Schwann, Ellenberger und Hofmeister u. A.). Er soll besser lösend wirken als Wasser (Tiedemann und Gmelin); er feuchtet die trockenen Nahrungsmittel an, hüllt sie ein und macht sie schlüpfrig; dadurch erleichtert er das Kauen und ermöglicht das Schlingen. Bei den Wiederkäuern hält er den Inhalt der Vormägen, namentlich den des Psalters, feucht und macht ihn zum Wiederkauen, besonders zum Rejiciren, geeignet.

Die mechanische Speichelwirkung ist also offenbar sehr wichtig. Dies ergiebt sich schon aus der Thatsache, dass die Speicheldrüsen beim Kauen der rauhen Nahrung der Pferde und Wiederkäuer sehr lange thätig sein und so enorme Quantitäten Speichel secerniren müssen, dass der Speichel nur sehr wenig Ferment enthalten und sonach bezüglich seiner fermentirenden Eigenschaften nicht in Betracht kommen kann. Auch die vergleichende Anatomie beweist die Wichtigkeit der mechanischen Wirkung des Speichels. Diejenigen Thiere, welche rauhe und trockene Nahrung geniessen, haben die best entwickelten Speicheldrüsen; Thiere, deren Nahrung feucht und weich ist, haben kleine und Thiere, die im Wasser leben, in der Regel gar keine Speicheldrüsen, selbst wenn ihre Nahrung Stärke enthält. Es ist ferner bekannt, dass über die Menge des bei der Mahlzeit secernirten Speichels nicht der Gehalt derselben an Stärkemehl, sondern die Trockenheit und Rauhigkeit der Nahrung entscheidet (hierüber s. S. 511), und dass bei der Wasseraufnahme gar kein Speichel secernirt wird.

Beim Sistiren der Speichelsecretion wird das Kauen, die Bissenbildung und das Schlingen trockner Nahrungsmittel derart erschwert oder so unmöglich, dass die Bissen im Schlunde stecken bleiben, wie ich dies bei Behandlung der Thiere mit Atropin beobachtet habe. Beim verringerten Speichelzufluss ist das Schlingen verlangsamt.

Ein Pferd, welchem beide Duct. Stenon. durchschnitten waren, schlang in der Minute 40 *g* Nahrung weniger als ein normales Pferd (Cl. Bernard). Bei vollem Speichelzufluss schluckte das Thier alle 1—2 Secunden einen Bissen, nach Durch-

schneidung der Parotidengänge alle 1—2 Minuten. Normaliter fing man in 9 Minuten 500 *g*, nach Durchschneidung der Stenson'schen Gänge in 25 Minuten nur 360 *g* aus dem Schlunde auf. Hunde, denen die Speicheldrüsen exstirpirt waren, zeigten keine Störungen der Verdauungsvorgänge; sie nahmen aber zur Nahrung mehr Wasser als früher auf (Fehr).

Neben dem Durchfeuchten dient der Speichel auch zum Einhüllen und Schlüpfrigmachen der Nahrung, wodurch er die Schleimhaut vor Läsionen schützt und das Schlingen erleichtert. Das Einhüllen der Nahrungsmittel geschieht z. Th. auch durch das Secret der Mandel-, der Zungenbalg-, der Zungengrund-, der Pharynx- und der Oesophagealdrüsen.

Der Speichel hat weiterhin noch den Nutzen, dass er die Mundhöhle rein spült und die Speisereste entfernt. Bleiben trotzdem Speisereste zurück und verfallen sie der Gährung, dann hindert der alkalische Speichel die nachtheiligen Einwirkungen der Gährungssäuren auf die Zähne.

C. **Etwaige sonstige Wirkungen des Speichels.** Im Vorstehenden ist nur die mechanische und die amylolytische Wirkung des Speichels besprochen worden. Es fragt sich nun, ob der Speichel nicht auch noch andere Einflüsse ausübt, namentlich, ob er nicht auch auf Eiweisskörper und Fette verdauend einwirken kann. Um dies festzustellen, haben wir zahlreiche Versuche angestellt.

1. Die Einwirkung der verchiedenen Speichelarten auf Eiweiss, Fibrin und Casein Dieselbe wurde durch Anstellung von Digestionsversuchen unter Zusatz von entsprechenden Säuremengen (0,1 pCt. HCl) festzustellen versucht. Die Experimente ergaben, dass nur der gemischte Speichel des Pferdes und das Parotidensecret desselben Thieres ein proteolytisches Ferment enthält und Fibrin in Pepton überführt. Allerdings ist die peptonisirende Wirkung nur eine sehr schwache. Alle anderen Secrete und Extracte waren wirkungslos. Die negativen Versuche mit diesen Extracten stellten schon Controlversuche für die Experimente mit dem Parotidensecret dar. Dieselben wurden aber noch vermehrt durch Anstellung von Digestionsversuchen mit 0,1 pCt. Salzsäure und mit Wasser allein ohne Speichel auf Fibrin. Diese hatten negative Resultate und lieferten kein Pepton. Ferner wurde noch erwiesen, dass gekochtes Parotidensecret kein Fibrin löst und aus demselben kein Pepton producirt, dass also durch Kochhitze dieses Ferment zerstört wird. Somit war der factische Beweis für das Vorhandensein des peptonisirenden Fermentes im Parotidensecret erbracht. Hierauf haben auch J. Munk, Hüfner und Kühne hingewiesen.

2. Wirkung auf Rohrzucker. Sämmtliche Speichelarten resp. Speicheldrüsenextracte von Pferd, Rind, Schaf, Schwein und Hund, also 6 Speichelarten (gemischter, Parotiden-, Submaxillarspeichel von Pferd und Rind) und 30 Extrakte (von 6 Drüsen und 5 Thierarten) wurden auf ihre Wirkung auf Rohrzucker unter Anstellung von Controlversuchen geprüft. Es stellte sich dabei heraus, dass der gemischte Speichel den Rohrzucker langsam und in kleinen Quantitäten in Traubenzucker überführt.

3. Wirkung des Speichels auf Fette resp. Oele. Zur Beantwortung der Frage, ob der Speichel spaltend auf Fette einzuwirken vermag, brachten wir gewisse Quantitäten einer Speichelart (Parotiden-, Submaxillar-, gemischten Speichel und die

Extracte aller Speicheldrüsen der Hausthiere) mit Oel in den Verdauungsofen. Nach Tagen war noch keine Spaltung des Fettes in Glycerin und Fettsäuren zu constatiren. Der Speichel enthält demnach kein fettspaltendes Ferment.

Wie alle alkalischen Flüssigkeiten, bildet der Speichel, namentlich der schleimige gemischte Speichel, mit ranzigen Fetten Emulsionen, am Besten natürlich beim Schütteln und überhaupt stärkeren mechanischen Einwirkungen. Aber auch ohne dies kommt etwas Emulsionirung zu Stande. Brachte man einen Tropfen ranzigen Fettes auf eine Glasplatte und setzte einen Tropfen Speichel zu, so trat allmählich etwas Emulsionirung ein, die aber erst bei der Erschütterung vollkommen wurde.

4. Wirkung des Speichels auf Cellulose. Es sind umständliche und zeitraubende Versuche über die Wirkung des gemischten Speichels vom Pferd, Rind und Schaf auf lufttrockene Rohfaser ausgeführt worden (V. Hofmeister). Das Resultat war beim Pferdespeichel ein total negatives; bei der Digestion der Rohfaser mit destillirtem Wasser war von dieser mehr löslich geworden als bei der Digestion mit Speichel; es ist also ganz zweifellos, dass durch den gemischten Speichel des Pferdes keine Cellulose gelöst wird. Der Wiederkäuerspeichel löste etwas, aber wenig Cellulose.

Zum Schlusse sei noch die Thatsache erwähnt, dass unreiner menschlicher Speichel (namentlich der Morgenspeichel) bei subcutaner Injection giftig wirkt, während dies bei gut filtrirtem Speichel nicht der Fall ist (Griffini). Auch sei noch der Thatsache gedacht, dass der Speichel auch auf die Magensaftsecretion beschleunigend einwirkt und zwar einmal dadurch, dass bei seiner Wirkung peptogene Stoffe entstehen und aufgesaugt werden und sodann vielleicht auch dadurch, dass er eine Reizung der Magenschleimhaut bewirkt.

Aus unseren zahlreichen Versuchen ergiebt sich, dass die Parotis, die Submaxillaris, die Sublingualis, die Buccales und die Drüsenhaufen in den Lippen und im Palatum molle des Pferdes, des Rindes, des Schafes, des Schweines und des Hundes ein amylolytisches Ferment enthalten, dass dagegen keine der Drüsen ein fettspaltendes Ferment und nur die Parotis ein schwaches proteolytisches Ferment producirt. Der gemischte Speichel aller Hausthiere wirkt saccharificirend auf die Stärke und schwach invertirend auf den Rohrzucker ein.

Die Wirkungen des Speichels auf Eiweiss, Fette, Rohrzucker und Cellulose sind so geringgradig, dass sie für die gesammte Verdauung nicht in Betracht kommen.

Es verdient nochmals erwähnt zu werden, dass wir die Extracte und Secrete von ausgeruhten Drüsen (vor und zu Beginn der Mahlzeit) stets bedeutend fermentreicher fanden als diejenigen ermüdeter Drüsen (gegen Ende der Mahlzeit oder nach einer Pilocarpininjection).

2. Der Magensaft (s. S. 512 ff.).

Die Wirkung des reinen Magensaftes erstreckt sich im Wesentlichen nur auf die Eiweisskörper. Die anderen Nährstoffe beeinflusst er, abgesehen von seinen physicalisch-mechanischen Einwirkungen, so unbedeutend, dass diese Wirkungen für die gesammte Magenverdauung kaum in Betracht kommen.

a) **Die Wirkungen des Magensaftes auf Eiweisskörper.** Diese sind ver-

schieden, je nach dem, ob der Magensaft auf feste oder auf flüssige Eiweisskörper einwirkt. Die festen Eiweisskörper wandelt er in lösliche Formen und schliesslich in einen in Wasser leicht löslichen, leicht diffusiblen und leicht resorbirbaren Körper um, den man Pepton nennt (Peptonisirungsvorgang).

Bei der Wirkung des Magensaftes auf flüssige Eiweisskörper muss man wieder zwischen der Wirkung auf die Alkalialbuminate, die Caseïne, und der Wirkung auf andere flüssige Albuminate unterscheiden. Die Caseine bringt er zunächst zum Gerinnen und peptonisirt sie dann unter Verflüssigung. Die anderen löslichen Eiweisskörper peptonisirt er direkt, ohne vorher deren Gerinnung zu veranlassen.

Die Peptonisirung der Eiweisskörper erfolgt durch das Pepsin (S. 514) und die Salzsäure (S. 513); die der Peptonisirung vorhergehende Gerinnung des Caseins (die Käsebildung) durch das Labferment (S. 515 und 524).

α) **Die Peptonisirung der Eiweisskörper**. Eine Zeit lang hat man angenommen, dass die Verdauung resp. die Auflösung der Eiweisskörper im Magen durch die im Magensaft enthaltene Salzsäure bewirkt werde. Von der Unrichtigkeit dieser Anschauung kann man sich aber leicht experimentell durch künstliche Verdauungsversuche überzeugen. Lässt man bei Körpertemperatur Salzsäure in derjenigen Concentration, in welcher sie sich im Magensaft befindet, auf Eiweiss einwirken, dann erfolgt keine Peptonisirung. Die Salzsäure (0,2 pCt.) löst zwar einen kleinen Theil der Eiweisskörper auf, aber nicht unter Peptonisirung, sondern unter Umwandlung in Syntonin (Acidalbumin), wobei die quellbaren Eiweisskörper zum Aufquellen gelangen. Man ersieht hieraus, dass es nicht die Salzsäure des Magensaftes ist, welche die Eiweissverdauung bewirkt.

Andererseits wirken aber auch die Extracte der Magenschleimhaut oder neutraler resp. alkalischer Magensaft auf Eiweisskörper nicht lösend ein; sie lassen dieselben vielmehr unverändert. Sobald man aber Eiweisskörper der Einwirkung von Magenextracten, denen Salzsäure zugesetzt ist, oder der Einwirkung von natürlichem sauren Magensafte aussetzt, dann werden die Eiweisskörper peptonisirt und gelöst.

Aus diesen Thatsachen schliessen wir, dass sich in den Magenextracten und in dem Magensafte ein Ferment, das Pepsin, befindet, welches in saurer Lösung Eiweiss verdaut. Weder das Ferment allein, noch die Säure allein besitzen diese Wirkung. Nur das gemeinsame Zusammenwirken des Pepsins und der Säure hat das genannte Resultat zur Folge, vorausgesetzt, dass Wasser zugegen ist und die passende Temperatur herrscht.

Nebenbei sei noch bemerkt, dass bei lange fortgesetzter Einwirkung einer 0,2procentigen Salzsäure auf Fibrin allmählich auch etwas Pepton entsteht (v. Wittich, Wolffhügel).

Durch Réaumur (1752) und Spallanzani (1783) wurde die verdauende Kraft des Magensaftes zuerst erkannt. Tiedemann und Gmelin nebst Leuret und

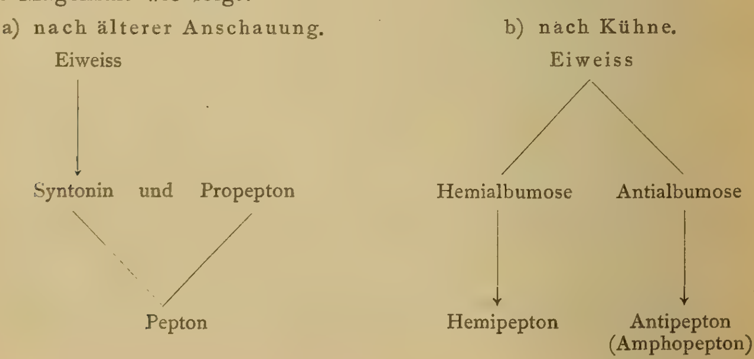
Lassaigne waren die ersten, welche die Verdauung systematisch studirten. Eberle zeigte 1834, dass sich in der Magenschleimhaut ein Körper befindet, der, in Gemeinschaft mit Salzsäure, Eiweiss verdaut. Schwann nannte den Körper Pepsin. Er und Wassmann stellten viele künstliche Verdauungsversuche an. Weiterhin haben sich, von den neueren Forschern abgesehen, Bouchardat und Sandras, J. Müller, Brücke, Beaumont, Blondlot, Frerichs, Bidder und Schmidt, Lehmann, Meissner, Bassow um die Aufklärung der Verdauungsvorgänge sehr verdient gemacht.

Das Endproduct der Pepsin-Salzsäureeinwirkung auf Eiweisskörper wurde von Mialhe Albuminose, von Schwann und Lehmann Pepton genannt.

Der **Peptonisirungsvorgang** besteht nicht darin, dass aus dem Eiweiss sofort und nur Pepton gebildet wird; es entsteht vielmehr neben dem Pepton das Syntonin und das von Schmidt-Mühlheim und Kühne zuerst beschriebene Propepton (Hemialbumose, Parapepton), welches man nicht mit dem Parapepton Meissners, welches nach Brücke und Mulder Syntonin ist, verwechseln darf. Das Syntonin und das Propepton gehen bei weiterer Einwirkung des Magensaftes in Pepton über (Schöffer, Hammarsten, Finkler, Ellenberger und Hofmeister). Sie stellen demnach nur Uebergangs- aber keine Endproducte der Verdauung dar.

Nach Kühne und Chittenden findet man in dem Verdauungsgemisch des Magensaftes bei künstlicher Verdauung 4 Albumosen: α) die Protalbumose (in Wasser löslich, durch ClNa im Ueberschuss fällbar), β) die Heteroalbumose (in Wasser unlöslich, in Salzsäure in jeder Concentration löslich, durch ClNa fällbar), γ) Dysalbumose (in Wasser und Salzwasser unlöslich, durch ClNa fällbar), δ) der Deuteroalbuminose (in Wasser löslich, durch ClNa nicht fällbar, wohl aber durch ClNa im Ueberschuss bei Säuregegenwart). Alle diese Albumosen können durch den Magensaft noch weiter verändert werden.

Kühne erklärt sich den Verdauungsvorgang in neuerer Zeit wie folgt. Das Eiweissmolekül besteht aus Antialbumin und Hemialbumin. Der Magensaft wandelt dieselben um in Antialbumose und Hemialbumose und diese dann in Antipeton und Hemipeton. Ersteres nennt er im Gegensatz zum Antipepton der Pancreasverdauung auch Amphopepton. Das Amphopepton wird mit dem Millon'schen Reagenz roth, das Pancreaspepton nicht. Ersteres giebt mit Schwefelsäure Tyrosin, letzteres nicht. Schematisch gestaltet sich die Eiweissverdauung durch den Magensaft wie folgt:



Ausserdem sollen bei der Magensaftwirkung, namentlich bei längerer Dauer derselben noch Tyrosin und Leucin (Meissner, Kühne), Xanthin, Hypoxanthin (Salmon, Krause, Chittenden) und zwar wahrscheinlich aus dem Hemipepton durch weitere Spaltung desselben (Kühne und Chittenden) entstehen. Tyrosin und Leucin sollen blos bei der natürlichen Magenverdauung, nicht aber bei der künstlichen Digestion mit ganz reinem Magensafte vorkommen.

Erscheinungen bei der künstlichen Verdauung. Würfel von geronnenem Hühnereiweiss werden schichtenweise von aussen nach innen in eine breiige weiche Masse umgewandelt und schliesslich gelöst. Erst werden die Ränder und Ecken durchscheinend; dann verlieren sie ihre Schärfe u. s. w. Fibrin quillt erst zu einer durchscheinenden Masse auf, um dann zu zerfallen und sich zu lösen. Dabei schwindet allmählich die Gerinnbarkeit der Eiweisskörper durch Kochen, ihre Fällbarkeit durch Essigsäure plus Ferrocyankalium und dergl., und es entstehen Körper, die nur durch Gerbsäure, Phosphorwolframsäure, Jodquecksilberkalium und dergl. fällbar sind. Das Pepsin wird bei der Verdauung nicht verbraucht; es vermehrt sich aber auch nicht (Ellenberger und Hofmeister). Im Magen wird es zum Theil resorbirt. — Die Wirkung des Pepsin findet unter CO_2-Entwickelung und unter Wärmeverbrauch (Maly, v. Vintschgau und Dietl) statt, und letzteres deshalb, weil die Bindung von Wärme bei der Lösung der Peptone gegenüber dem Freiwerden von Wärme bei der Ueberführung der Eiweisskörper in Peptone überwiegt. Die Temperatur des Speisebreies sinkt in 2—3 Stunden um 0,2—0,6° C. (v. Vintschgau und Dietl). Bei der Verdauung soll sich auch noch ein in starkem Alkohol löslicher Körper, das Alkophyr (Brücke), bilden, welches auch die Biuretreaction giebt. — Brieger hat in den Peptonlösungen einen wie Curare wirkenden Giftstoff (ein Ptomaïn) nachgewiesen.

Man nimmt an, dass eine bestimmte Quantität Magensaft eine bestimmte Quantität Eiweisskörper in Pepton verwandele und dass diese Quantität, je nach dem Magensaft und je nach den Eiweisskörpern verschieden sei. So soll der Magensaft des Schafes besser auf Pflanzenkleber wirken als der des Hundes, umgekehrt sollen 100 *g* natürlicher Hundemagensaft 2,2 - 5 *g* und 100 *g* Schafmagensaft nur 0,3 - 0,5 *g* geronnenes Eiweiss lösen u. s. w. Eine Verdauung (künstliche), die so lange gedauert hat, dass keine weitere Lösung mehr stattfindet, kann wieder in Gang gebracht werden durch Verdünnung mit Wasser und Zusatz von Salzsäure.

Die **Verdauungsproducte**. *a*) Das **Syntonin** (Mulder) entsteht bei jeder Behandlung von Eiweisskörpern mit Säuren, demgemäss auch bei der Magenverdauung. Es zeichnet sich dadurch aus, dass es aus sauren Lösungen beim Neutralisiren niedergeschlagen wird (Neutralisationspräcipitat) und sich beim Alkalisiren wieder löst (Schwann, Mulder). Im Uebrigen giebt es die meisten Eiweissreactionen, wird durch Ferrocyankalium plus Essigsäure gefällt u. dgl. Meissner's Ansicht, dass es bei der Verdauung unveränderlich sei, ist unrichtig; es wird vielmehr durch Magensaft in Pepton umgewandelt (Brücke, Schiff, Hammarsten, Finkler). Wir haben dies bei unseren Untersuchungen vielfach festgestellt.

Das Syntonin soll eigentlich nicht gelöst, sondern in Form kleiner gequollener Körperchen in den Flüssigkeiten vorhanden sein; beim Neutralisiren schrumpfen diese Körperchen und fallen nieder, um beim Alkalisiren wieder aufzuquellen.

β) Das **Propepton**, welches übrigens nicht bei der Verdauung aller Eiweisskörperarten entsteht, hat mit dem Pepton die Farbenreaction auf Kupfer und viele andere Eigenschaften, z. B. das Nichtcoaguliren in der Hitze, die Löslichkeit in Wasser, in Säuren, Salzen und Alkalien, gemeinsam, es unterscheidet sich von demselben aber wesentlich dadurch, dass es durch kalte Salpetersäure niedergeschlagen wird, sich dagegen in heisser unter intensiver Gelbfärbung auflöst, dass es ferner bei starker Ansäuerung mit Essigsäure durch ClNa-Lösung gefällt wird und dass diese Fällung beim Erhitzen verschwindet, um dann beim Erkalten wiederzukehren (Salkowski). Die Hemialbumose ist auch fällbar durch schwefelsaures Ammonium, ferner durch Pyrogallol (Axenfeld), durch Eisenoxyd in Eisessig und durch Neutralisation. Sie ist unlöslich in Essigsäure oder Ferrocyankalium.

Setzt man Propepton der Magensaftwirkung aus, dann geht dasselbe total in Pepton über. Wir haben dies vielfach festgestellt.

Man kann Hemialbumose aus dem käuflichen Peptonum siccum darstellen, indem man 50 *g* desselben in 500 *g* der einprocentigen CNa-Lösung einträgt, im Wasserbade erwärmt, mit Essigsäure ansäuert und das Eiweiss entfernt. Die abfiltrirte Flüssigkeit wird mit ClNa (37 ClNa : 100) versetzt bei stark essigsaurer Reaction und unter heftigem Schütteln. Der klebrige, krümliche Niederschlag ist Hemialbumose, der mit ClNa-Lösung gewaschen werden kann (Salkowski).

γ) Das **Pepton**, das eigentliche Endprodukt der Magensaftwirkung, ist sehr hygroskopisch, in Wasser leicht löslich, leicht diffusibel (O. Funke), leicht filtrirbar (Acker) und gerinnt nicht beim Erhitzen, gleichgültig, ob dies mit oder ohne Säuren erfolgt.

Bei den gebräuchlichen Darstellungsmethoden präsentirt sich das Pepton als eine weisse, schwerflockige, leicht pulverisirbare, geruch- und geschmacklose, amorphe, hygroskopische Masse, die beim Trocknen (bei 118° C.) gelblich-weiss und bröcklich-spröde wird und sich bei 160—180° C. zersetzt. Beim Erhitzen schmilzt es, wenn es Wasser enthält. Es ist vielleicht krystallisirbar (Schmidt-Mühlheim).

Es wird durch Mineralsäuren, Alkalien, die Salze der Schwermetalle, Essigsäure und Ferrocyankalium, Kochsalz und Essigsäure, Neutralsalze nicht gefällt. In concentrirten Peptonlösungen sollen diese Unterschiede des Peptons vom Eiweisse bis auf seine Nichtfällbarkeit durch Kochen schwinden (Adamkiewicz). Mit Schwefelsäure färbt es sich gelb, mit Millon's Reagenz roth. Als Fällungsmittel für Pepton werden aufgeführt: Gerbsäure, die Gallensäuren (?), Sublimat, Picrinsäure, Bleizucker, Bleiessig, Phosphorwolfram- und Phosphormolybdänsäure, Alkohol, Jodquecksilberkalium. In neuerer Zeit wird behauptet, dass dies nur für die unreinen Pepton-Albumosengemische gelte und dass reines Pepton auch durch Picrinsäure und Jodquecksilberkalium nicht und durch Phosphorwolframsäure nur unvollständig gefällt werde. Sublimat schlägt dagegen alles Amphopepton nieder.

Mit alkalischer Kupferlösung giebt Pepton eine purpurrothe oder carminrothe Färbung (Biuretreaction), während Eiweisskörper eine Violettfärbung erzeugen. Dieser wichtige Unterschied besteht aber nur dann, wenn man nur geringe Kupfermengen zur Reaction verwendet.

Die gute Diffusibilität des Pepton besteht nur in saurer Lösung. Sein endos-

motisches Aequivalent beträgt 7,1—9,9, das vom Eiweiss 100. Vom Pepton geht also 12 Mal soviel in bestimmter Zeit durch thierische Membranen als vom Eiweiss. Bei einer Mischung von Pepton mit Salzen sollen letztere leicht, ersteres schwer diffundiren. — In das Blut injicirt, hebt Pepton die Gerinnungsfähigkeit desselben auf oder mindert sie (Salvioli); dabei macht es die Thiere schläfrig, somnolent und tödtet sie unter Umständen (Schmidt-Mühlheim).

Pepton entsteht nicht nur bei der Verdauung, sondern auch bei der Fäulniss, bei Einwirkung starker Säuren (v. Wittich) und starker Alkalien und sehr hoher Hitzegrade auf Eiweisskörper, beim Kochen derselben unter hohem Druck (Meissner), bei Ozonwirkung auf alkalische Eiweisskörper (Gorup-Besanez) und dergl.

Chemische Zusammensetzung der Peptone. Die chemische Zusammensetzung der Peptone ist der der Mutterkörper ähnlich und von diesen nicht verschiedener als die der Eiweisskörper unter einander (Maly). Da die Peptone sich leichter als die Eiweisskörper mit Basen und Säuren verbinden, so nehmen Hoppe-Seyler, Danilewski u. A. an, dass sie die Hydrate der Eiweisskörper darstellen, dass also die Peptonisirung der letzteren eine Hydration von Anhydriden (vielleicht unter Spaltung) sei.

Thatsächlich haben auch Henninger und F. Hofmeister, Cohn, Pöhl, Danilewski aus Peptonen durch deren Deshydration (Erhitzen bis 170°, Anwendung des galvanischen Stromes u. s. w.) wieder Albuminate hergestellt. Die Peptone der einzelnen Arten der Eiweisskörper weichen (z. B. in ihrem Verhalten zum polarisirten Lichte [sie drehen alle links], in ihrem Schwefelgehalte und dergl.) so wenig von einander ab, dass einzelne Autoren nur von dem Pepton, nicht von Peptonen sprechen. Aus den verschiedenen Elementaranalysen der Peptone (Henniger, Maly, Herth) geben wir folgende:

	Eiweisspepton	Fibrinpepton	Caseïnpepton
C.	52,3—52,5	51,40—51,40	52,1
H.	7,0— 7,0	6,95— 7,00	7,0
N.	16,4—16,7	16,70—17,13	16,1

Adamkiewicz betrachtet das Pepton als ein durch Salzentziehung verändertes Albuminat. Der Magensaft soll den Albuminaten die Salze entziehen und dadurch eine moleculare Umlagerung in ihnen hervorbringen.

Darstellung des Pepton und Bestimmung der Menge desselben in Flüssigkeiten. Man setzt Eiweiss der Magensaftverdauung aus, bis es gelöst ist und scheidet die Albumosen und das Syntonin ab. Dann bleibt eine nahezu reine Peptonlösung zurück. Aus dieser kann man das Pepton mit Alkohol, mit Phosphorwolframsäure plus Salzsäure, mit Sublimat ausfällen. Eine andere Methode besteht darin, dass man käufliches Pepton nochmals der Verdauung aussetzt, nachdem man vorher neutralisirt, das Neutralisationspräcipitat entfernt und wieder angesäuert hatte. Diese neue Verdauung wird, eventuell unter wiederholtem Ansäuern, so lange fortgesetzt, bis Ferrocyankalium plus Essigsäure keinen Niederschlag mehr geben. Ist dies erreicht, dann kann das Pepton, wie angegeben, ausgefällt werden. — Am besten verfährt man wie folgt: Man neutralisirt die Peptonflüssigkeit durch Baryumcarbonat, engt dieselbe unter Siedhitze auf dem Wasserbade ein, schlägt durch Schwefelsäure das Baryum nieder und filtrirt abermals (Hoppe-Seyler).

Will man bestimmen, wie viel Pepton in einer Flüssigkeit vorhanden ist, dann fällt man zunächst die Eiweisskörper aus (mit essigsaurem und schwefelsaurem Eisenoxyd, Natriumsulfat und Essigsäure u. s. w.), bis Essigsäure und Ferrocyankalium

keine Fällung mehr geben. Dann fällt man das Pepton mit Salzsäure und Phosphorwolframsäure aus, bis das Filtrat keine Biuretreaction mehr giebt. Der Filtrationsrückstand wird getrocknet und gewogen und auf seinen Stickstoffgehalt untersucht.

Der Peptongehalt einer Flüssigkeit kann aber auch colorimetrisch bestimmt werden. Diese Methode beruht auf der Thatsache, dass bei Zusatz von gleichen Mengen Kupfervitriollösung und Kalilauge zu verschiedenen Peptonlösungen die bekannte Färbung um so intensiver wird, je mehr Pepton in der zu prüfenden Flüssigkeit enthalten ist. Um dann die verschieden gefärbten Flüssigkeiten auf eine gleiche, weniger intensive Röthe zu bringen, muss man um so mehr Wasser zusetzen, je mehr Pepton in der Flüssigkeit enthalten ist.

Bei diesen Methoden handelt es sich nicht um Bestimmung des reinen Peptons, sondern um unreine Peptongemische.

Geschwindigkeit und Ausgiebigkeit der künstlichen Eiweissverdauung durch Magensaft. Die Geschwindigkeit und Ausgiebigkeit der Peptonisirung der Eiweisskörper hängt wesentlich ab von der Temperatur, dem Wasser-, Säure- und Pepsingehalte des Verdauungsgemisches, dem Aggregatszustande, dem Quellungsvermögen und den übrigen Eigenschaften der Eiweisskörper.

I. Der Temperatureinfluss. Am besten läuft die Verdauung bei einer Temperatur von 35—50° C. ab. Geringere und höhere Temperaturen bedingen Verlangsamung oder Sistiren der Verdauung.

Bei + 10° C. sistirt die bereits sehr verlangsamte Verdauung noch nicht, wohl aber + 4—5° und bei 0° C. — Bei Kaltblütern wirkt der Magensaft am besten bei + 15° C. aber auch noch bei + 1° C. — Gefrieren zerstört das Pepsin nicht, beim Aufthauen und Erwärmen wird es wieder wirksam. Wir haben denselben Magensaft öfter gefrieren und aufthauen lassen, er blieb gleich wirksam (Ellenberger und Hofmeister). Bei + 60—70° C. hört die Verdauung auf; wirkt eine derartige Temperatur länger als wenige Minuten auf den Saft ein, dann erlischt seine Wirksamkeit für immer. Höhere Temperaturen vernichten das gelöste Pepsin sofort. Trockenes Pepsin erträgt eine Hitze von über 100° (bis 160° C.), ohne dauernd unwirksam zu werden (Salkowski, Al. Schmidt).

Beim Erhitzen von Pepsinlösungen auf 60—70° soll sich das Pepsin in Isopepsin, einen Körper, der das Eiweiss nur noch in Acidalbumin verwandeln kann, umsetzen (?).

2. Wasser. Ohne eine gewisse Quantität Wasser ist die Verdauung unmöglich. Es schadet aber sowohl das Zuviel als das Zuwenig.

3. Säuremenge. Im Allgemeinen kann als Regel gelten, dass diejenige Säureconcentration die günstigste ist, welche die Eiweisskörper (z. B. Fibrin) am schnellsten zum Aufquellen bringt. Das Optimum der Salzsäuremenge ist nicht für alle Eiweisskörper gleich (Wawrinsky, Brücke). Flüssiges Hühnereiweiss ist bei niederen Säuregraden (0,1 pCt.) schwerer verdaulich als gekochtes; umgekehrt liegt dies bei höheren Säuregraden. Im Allgemeinen ist der Magensaft bei 0,15 bis 0,5 pCt. Salzsäureconcentration am wirksamsten (Optimum wohl 0,15 bis 0,2 pCt.). Sobald die Säureconcentration 0,6 pCt. übersteigt, tritt eine Hemmung der Verdauung ein. Dies haben wir durch zahlreiche Versuche bewiesen. Geht die Salzsäure unter eine Concentration von 0,1 resp. von 0,08 pCt. herab, dann ist die Peptonisirung bedeutend beeinträchtigt. Bei 0,04 und 0,02 pCt. sistirt die Verdauung (Ellenberger

und Hofmeister). Die Verdauung der thierischen Eiweisskörper verlangt die Gegenwart von mehr Säure als die der pflanzlichen (Brücke, Schröder, C. Schmidt, Cnoop Koopmanns). — Dauert ein Verdauungsversuch lange Zeit, dann muss von Neuem Säure zugesetzt werden, sonst wird das Pepsin unwirksam (v. Wittich).

In einem Verdauungsgemische nimmt der ursprünglich durch Säurezusatz hergestellte Säuregrad deshalb ab, weil ein Theil der Säure an die noch ungelösten Eiweisskörper gebunden wird.

Diese Thatsache erklärt auch die weitere Thatsache, dass man im Mageninhalte (z. B. bei Fleischfütterung) Peptone und Propeptone, überhaupt die Erscheinungen und die Producte der Eiweissverdauung findet, trotzdem die filtrirte Magenflüssigkeit die Salzsäure in unwirksamer Concentration (0,02—0,05 pCt.) enthält. Hier ist es die von den Eiweisskörpern gebundene Säure, welche die Verdauung, d. h. die Wirkung eines an sich unwirksamen Magensaftes ermöglicht.

Welche Rolle die Säure bei der Verdauung spielt, ist unbekannt. Die frühere Anschauung, dass sie durch Aufquellung der Eiweisskörper dem Pepsin die Wege zum Eindringen in dieselben öffne, ist unrichtig. Wenn dies richtig wäre, dann müsste ja die Verdauung eintreten, wenn man erst die Säure auf Eiweiss einwirken liesse (zum Oeffnen der Poren) und dann das Pepsin. Dies ist aber nicht der Fall. Säure und Pepsin müssen zugleich wirken, sonst erfolgt keine Peptonisirung. Legt man Würfel von geronnenem Eiweiss in 0,3 pCt. Salzsäure und bringt sie dann in eine neutrale Pepsinlösung, dann werden sie nicht verdaut (Ellenberger und Hofmeister).

Interessant ist, dass Salzsäure ohne Pepsin die Eiweisskörper leichter in Syntonin überführt als mit demselben (Meissner).

Da alle anderen Verdauungssäfte und die meisten thierischen Flüssigkeiten alkalisch sind, so ist die Frage, warum der Magensaft sauer reagirt und warum eine so starke Säure, wie die Salzsäure, im Magensaft vorhanden ist, wohl berechtigt. Für die Zwecke der Verdauung hätte ein alkalischer, leicht aus dem alkalischen Blute herzustellender Saft mit einem in alkalischer Lösung wirkenden Fermente genügt.

G. Bunge glaubt, dass die Salzsäure im Magen den Zweck hat, die aus der Nahrung aufgenommenen Microorganismen zu tödten und also den Eintritt von abnormen Gährungs- und Fäulnissprocessen zu hindern.

4. Säurenatur. Von den verschiedenen, uns bekannten Säuren ist die Salzsäure am günstigsten für die Verdauung. Stellvertretend für dieselbe können aber auch andere Säuren, z. B. die Salpetersäure (nach Wolfhügel 0,4 pCt.), die Phosphorsäure (bis 10 pCt., am besten bei 2 pCt.), die Milchsäure, die Weinsäure, die Oxalsäure, die Schwefelsäure, die Essigsäure (Lossnitzer) u. s. w. eintreten. Dagegen sind die Bernsteinsäure, die Butter- und Salicylsäure nicht brauchbar. Von den genannten Säuren ist für uns die wichtigste die Milchsäure, weil diese stets im Magen vorkommt. Fibrin (und auch pflanzliche Eiweisskörper) wird bei 0,5 pCt. Milchsäure schon verdaut, namentlich wenn etwas

HCl (0,05 pCt.) zugegen ist. Bei schwerer verdaulichen Eiweisskörpern, z. B. geronnenem Hühnereiweiss, muss neben der Milchsäure die Salzsäure schon 0,1 pCt. betragen, wenn erstere nicht in der Concentration von 1,2—1,5 oder besser von 2—2,5 pCt. zugegen ist (Ellenberger und Hofmeister).

Verdünnte Milchsäure extrahirt das Pepsin aus der Magenschleimhaut gut. Davidson und Dietrich bemerken, dass von Milchsäure, wenn sie allein das Pepsin wirksam machen soll, das 6fache der Salzsäure nothwendig ist. Diese Angabe stimmt auch mit unseren Versuchsresultaten überein.

5. Pepsinmenge. Die Menge des in einem Verdauungssafte enthaltenen Pepsins ist wesentlich entscheidend für den Verdauungsvorgang. Je mehr Pepsin in der Flüssigkeit enthalten ist, um so mehr Eiweiss wird in der Zeiteinheit peptonisirt und um so rascher wird eine bestimmte Quantität Eiweiss verdaut (Wittich). Die Verdauungszeit steht im umgekehrten Verhältnisse zur Pepsinmenge. Jedoch greift hier die Einschränkung Platz, dass die Verdauungskraft des Saftes nur bis zu einem gewissen Procentsatze des Pepsingehaltes zunimmt. Eine darüber hinausgehende Pepsinvermehrung erzeugt keine weitere Steigerung, sondern sogar eine Beschränkung der Verdauungsvorgänge (Ellenberger und Hofmeister).

Wir müssen in dieser Beziehung auf die von uns angestellten Untersuchungen verweisen, die sowohl die Steigerung der Pepsinwirkung mit der Steigerung seiner Menge, als auch die Minderung der Peptonisirung bei der Gegenwart von zu viel Pepsin mit Bestimmtheit beweisen. Bei Verdünnungen des Pepsins nimmt seine Wirkung ab und erlischt schliesslich. Eine Vermehrung des Pepsins, wie diese bei belebten Fermenten zu beobachten ist, tritt nicht ein (Ellenberger und Hofmeister). — Der Magensaft der Föten und Neugebornen wirkt schwächer als der der Erwachsenen, weil er ärmer an Pepsin ist als dieser.

Da das Verdauungsvermögen eines Saftes wesentlich von seinem Pepsingehalte abhängt, so kann man bei Anstellung von Verdauungsversuchen den Pepsingehalt einer unbekannten Flüssigkeit an ihrer Verdauungskraft erkennen. Man nennt einen solchen Versuch eine Verdauungs- oder Pepsinprobe.

Als Objecte der Versuche nimmt man Würfel von hart gekochtem Hühnereiweiss oder Fibrinflocken. Man bestimmt entweder die Zeit, in welcher bestimmte Mengen dieser Stoffe von der zu prüfenden Flüssigkeit gelöst werden oder man bestimmt gewichtsanalytisch oder durch N-Bestimmung die Menge des in einer bestimmten Zeit gelösten Albumins oder Fibrins oder des gebildeten Pepton. Bei vergleichenden Versuchen müssen natürlich Säuregrad, Temperatur, Wasser-, Salzgehalt etc. gleich sein.

Ein Gewebe untersucht man auf seinen Pepsingehalt in der Weise, dass man dasselbe extrahirt (siehe oben), das Extract mit 0,2 pCt. HCl versetzt und auf Fibrin bei Zimmer-Temperatur 24—36 Stunden oder bei Bluttemperatur nur wenige Stunden einwirken lässt (Brücke), oder dadurch, dass man das zerkleinerte Gewebe direct mit einer 0,2—0,5 pCt. HCl und Fibrinflocken in den Verdauungsofen einstellt. Ganz geringe Mengen Pepsin genügen, um einige Fibrinflocken rasch zu lösen. Glycerinextracte vom Magen wirken in 100facher und stärkerer Verdünnung noch kräftig verdauend.

Bei den genannten Verdauungsproben bestimmt man nicht den absoluten, sondern

den relativen Pepsingehalt. Käufliche Pepsine prüft man z. B. wie folgt: man nimmt abgewogene Mengen Fibrin oder Eiweisswürfel, setzt 1 *ccm* des Pepsins und 20 bis 50 *ccm* der 0,2—0,35 pCt. HCl zu und stellt beides in den Verdauungsofen oder in eine Ofenröhre, woselbst eine Temperatur von 35—42° herrscht. Die Geschwindigkeit, mit welcher die Lösung durch verschiedene Pepsine erfolgt, giebt den relativen Pepsingehalt an.

Genauer bestimmt man die Güte eines Pepsinpräparates in der Weise, dass man vom Faserstoff oder gehacktem Hühnereiweiss, das man zu den Versuchen verwendet, die Trockensubstanz bestimmt. Nun bringt man abgewogene Mengen des frisch gekochten Hühnereiweisses oder des unter Glycerin aufbewahrten Faserstoffs mit der Verdauungsflüssigkeit in den Brütofen. Nach einigen Stunden, während welchen die Flüssigkeit einige Male geschüttelt wurde, filtrirt man die Verdauungsflüssigkeit. Der Rückstand auf gewogenem Filter wird abgewaschen, getrocknet und gewogen. Aus dem Gewicht berechnet sich leicht die Menge des verdauten Eiweisses (Bidder und Schmidt).

Will man die Methode von Grünhagen zur Prüfung wählen, so lässt man gut gewässerte und gewogene Mengen von Fibrin in 0,2 pCt. Salzsäure zu einer steifen Gallerte aufquellen und bringt die gleichen Mengen in gleich grosse Trichter. Nachdem die überschüssige HCl abgetropft, bringt man mittelst Pipette gleiche Mengen der verschiedenen zu prüfenden Verdauungsflüssigkeiten zu dem Fibrin. Nach kaum 2 Minuten beginnt die Lösung des Fibrins (Peptonisirung) und damit Abtropfen. Die Schnelligkeit des Abtropfens resp. die Menge des in einer Zeiteinheit Abgetropften bestimmt die Güte der Präparate.

Eine dritte Methode der Pepsinbestimmung ist die von Grützner. Derselbe färbt Fibrin während 24 Stunden mit ammoniakalischer Carminlösung. Nicht gefärbte Flocken werden entfernt. Das Gefärbte wird in leicht mit Essigsäure angesäuertem Glycerin aufbewahrt, beim Gebrauche mit der Scheere gut zerkleinert, vom Glycerin durch Waschen befreit und mit der fünffachen Menge einer 0,2 procentigen HCl übergossen. Die entstehende geléeartige rothe Masse theilt man in gleiche Theile und legt sie auf Fliesspapier zum Entfernen der überschüssigen HCl. — Zum Versuche nimmt man $^1/_2$—1 *ccm* zu 20 *g* Verdauungsflüssigkeit. Die Schnelligkeit, mit der sich die Verdauungsflüssigkeit durch Lösung des Fibrins röthet, oder die Zeit, in der sie eine vorher präparirte Farbennüance annimmt, bestimmt den Pepsingehalt der geprüften Verdauungsflüssigkeit. Es würde zu weit führen auch noch die Brücke'sche und andere Methoden der Pepsinbestimmung zu besprechen.

6. **Gehalt an Verdauungsproducten.** Mit der Ansammlung von Pepton und anderen Verdauungsproducten tritt eine Beeinträchtigung der Wirkung des Pepsins und eine Hemmung der Verdauung bis schliesslich zum vollständigen Stillstand derselben ein. Diese Thatsache haben wir durch mehrfache Experimente bestätigt. Wäre im Magen nicht die Resorption thätig oder würden die Verdauungsproducte nicht nach dem Darm geschafft, dann stände die Verdauung bald still. Der Peptongehalt des Mageninhaltes wird aber in Folge der genannten Umstände niemals ein sehr bedeutender (Schmidt-Mühlheim, Ellenberger und Hofmeister).

Wenn man bei der künstlichen Magenverdauung, nachdem die Pepsinwirkung bereits zum Stillstande gekommen ist, auf dem Wege der Diffusion die Verdauungsproducte entfernt und die zurückbleibende Pepsinlösung wieder mit der nöthigen Säuremenge

versieht, dann tritt die verdauende Kraft, die vorher erloschen erschien, von Neuem hervor.

Die vorstehenden Betrachtungen führen uns zu der Frage, ob das Pepsin während der Verdauung an Wirksamkeit einbüsst, resp. ob sich dasselbe selbst zerstört resp. verdaut oder ob die Pepsinwirkung eine unbegrenzte ist. Diese Frage ist noch nicht gelöst, weil stets die störenden Verdauungsproducte in Frage kommen. Wir haben bei längeren Verdauungsversuchen, die in Dialysatoren stattfanden, um die Verdauungsproducte rasch entfernen zu können, eine Abschwächung der Wirksamkeit des Pepsins eintreten sehen. Ob aber bei solchen, 6 Wochen und darüber dauernden Versuchen nicht andere Momente als die Selbstverdauung (Fäulnissbacillen?) in Frage kommen und ob nicht doch die Verdauungsproducte, die trotz allen Dialysirens nicht ganz zu entfernen waren, die Abschwächung bedingten, müssen wir dahin gestellt sein lassen. Immerhin verdauen kleine Pepsinmengen, die zu verschiedenen Verdauungen unter neuem Säurezusatz benutzt werden, sehr bedeutende Mengen Eiweiss, wie dies auch v. Brunn, Ebstein, Schiff u. A. festgestellt haben. Schiff glaubt, das Pepsin schlüge sich zum Theil in den unverdauten Eiweissresten nieder, und daher komme die Abschwächung seiner Wirkung (v. Wittich, Heidenhain, Brücke). Brücke giebt an, dass es im Magen z. Th. resorbirt wird. Grützner ist der Ansicht, dass ein Theil des Pepsins bei der Verdauung verbraucht wird u. s. w.

7. Natur der Eiweisskörper. Die verschiedenen Eiweisskörper sind in sehr verschiedenem Grade verdaulich. Im Allgemeinen werden die thierischen Eiweisskörper rascher gelöst als die pflanzlichen, Casein und Legumin schneller als Fibrin (?), dieses schneller als das geronnene Hühnereiweiss und der Kleber. Die Verdaulichkeit der Eiweisskörper ist am leichtesten erkennbar an ihrem Quellungsvermögen in verdünnter Salzsäure. Je quellbarer ein Eiweisskörper ist, desto leichter verdaulich ist er.

8. Aggregatzustand der Eiweisskörper. Man muss flüssige, flockig geronnene und fest geronnene Eiweisskörper unterscheiden. Bei normalem Säuregrad sind die flüssigen leichter peptonisirbar als die flockig geronnenen und diese leichter als die fest geronnenen (Meissner, Arnold, Fick, Wawrinsky); bei 0,1 pCt. HCl wird aber geronnenes Eiweiss leichter peptonisirt als flüssiges. Ein Hund verdaute 100 *g* gekochtes Eiweiss in 5 und 100 *g* zu Schaum geschlagenes in 3 ½ Stunden (Blondlot).

9. Zusatz von chemischen Agentien. Die Wirkung des Pepsins wird durch gewisse Zusätze erhöht, durch andere gemindert oder aufgehoben.

Galle hebt in stärkerer Concentration die Magensaftwirkung durch Fällung des Pepsin auf (Burckart). Wenn Dastre dies auch bestreitet, so müssen wir doch betonen, dass wir die hemmende Wirkung der Galle stets gefunden haben. Viele Salze wirken hemmend auf die Magenverdauung und zwar in folgender Reihe: Na_2SO_4, $Na_2B_4O_7$, KCl, $NaNO_3$, K_2SO_4, $(NH_4)_2SO_4$, NaCl, KNO_3, NH_4NO_3, NH_4Cl. — Es wirken überhaupt hemmend die Salze der Schwermetalle, alle Eisenpräparate, die Neutralsalze der Alkalien und Erden (6 pCt.), Jod- und Bromkalium, Alaun, Gerbsäure, Alkalilösungen (Na, K, NH_4), Schwefelsäure (sehr mächtig bei 6 pCt.), schweflige und arsenige Säure, Calomel, Morphin, Strychnin, Digitalis, Narcotin, Veratrin und Alaun; auch Bier, Wein, Kaffee, Thee und ähnliche Stoffe und selbst die bitteren Mittel verzögern die Verdauung. Alkalien in stärkerer Concentration zerstören das

Pepsin. Von den Eisensalzen hemmen die Oxydsalze mehr als die Oxydulverbindungen. Alle als verdauungshemmend angegebenen Mittel üben natürlich diese Wirkung erst bei gewisser Concentration aus. In geringerer Concentration fördern einige der sonst hemmenden Mittel die Verdauung, z. B. milchsaures und citronensaures Eisenoxydul, Eisen rein und Ferr. sulfur. und chloratum (bis 0,2 pCt.), Kochsalz (von diesem hemmen 2 pCt., während 5 pCt. aufheben). Alkohol ist zu 5 pCt., selbst 8 pCt. unschädlich, von 10 pCt. ab hemmt er, bei 15—20 pCt. hebt er die Verdauung auf. Besonders interessant erscheint es, dass die anorganischen Salze schon in verhältnissmässig geringen Mengen (0,4—0,6 pCt.) die Verdauung beeinträchtigen und in grösserer Menge ganz aufheben (Frerichs, Nasse, Grützner, A. Schmidt, Klikowicz). Von den Alkalisalzen stören noch am wenigsten Natrium chloratum und carbonicum (Pfeiffer, Herzen, Wolberg). Natr. salicyl. hemmt bei 0,5 pCt., Salicylsäure bei 0,01 pCt. Arsenige Säure und Arsensäure befördern die Verdauung des Fibrins (Chittenden).

In Bezug auf die vorstehenden Angaben ist aber wohl zu beachten, dass dieselben vielfach nur für die künstliche Verdauung giltig sind. Viele der genannten und andere Stoffe, z. B. Alkohol, Chlornatrium, Gewürze, Nicotin, Strychnin. nitr. u. s. w. regen, in den Magen gebracht, die Magensaftsecretion an und verbessern dadurch die Verdauung, wenn sie nicht in gar zu grossen Mengen angewendet werden. Sie wirken im Magen wohl umgekehrt als im Verdauungsofen. Reichliches Wassertrinken beeinträchtigt die Magenverdauung, warme Umschläge auf die Magengegend befördern sie, Körperbewegungen retardiren sie.

10. Verhalten zur Fäulniss. Faulende Magenextracte wirken, wenn sie auch vor den Versuchen entsprechend angesäuert werden, nicht mehr verdauend. Offenbar zerstören die Fäulnissbacillen oder die Fäulnissproducte das Pepsin (A. Meyer bestreitet dies). Ein wirksamer, saurer Magensaft mit 0,1—0,2 pCt. HCl fault nicht, er wirkt im Gegentheil fäulniss- und gährungswidrig (s. unten).

Bei der Eiweissverdauung im Magen kommt bei Fütterung mit rohen, pflanzlichen Nahrungsmitteln ausser dem Pepsin noch ein solches proteolytisches Ferment in Betracht, welches wir in den Nahrungsmitteln gefunden haben.

Selbstverdauung des Magens. Da die Magenwand aus Geweben besteht, welche durch den Magensaft verdaut werden, so sollte man annehmen, dass der im Magen vorhandene Magensaft die Magenwand auch während des Lebens verdauen müsse. Diese Selbstverdauung des Magens beobachtet man aber nur postmortal (Gastromalacie), oder beim lebenden Thiere an Stellen, in denen die Blutcirculation sistirt (also bei Embolien und Extravasaten, bei Unterbindung von Arterien), oder an Stellen, denen das Epithel fehlt. Ferner tritt die Selbstverdauung ein bei gewissen Verletzungen des Centralnervensystems, welche oft zahlreiche circumscripte Magenblutungen (Schiff) und dadurch die Entstehung der lenticulären Magengeschwüre (Koch, Ewald) oder bei grösseren Blutungen die Entstehung grosser Malacien und grosser Geschwüre bedingen. Auch bei mechanischen Verletzungen, die mit Blutungen einhergehen, und unter Umständen beim Eingeben von Säuren kommen Selbstverdauungen zu Stande (Pavy).

Unter normalen Verhältnissen wird die Magenwand vom Magensaft nicht angegriffen. Man hat verschiedene Erklärungen

für diese Thatsache gegeben. Nach meiner Ansicht sind alle vorliegenden Erklärungen unzureichend. Wir stehen vorläufig noch vor einem Räthsel, welches um so schwerer zu lösen ist, als es sich hier nicht blos um die Frage handelt, warum sich der Magen nicht selbst verdaut, sondern auch darum, warum auch im Pancreas der Vorgang der Selbstverdauung nicht abläuft.

Beide Organe werden, so lange sie lebendig und gesund sind, von ihren Secreten nicht angegriffen; dagegen werden sie von diesen verdaut, sobald sie todt sind. Die Eigenschaft des Lebens bietet also den Schutz vor der Selbstverdauung. Dies zeigt sich besonders dann, wenn kleine Theilchen der sonst gesunden Magenschleimhaut absterben; nur diese kleinen Theilchen verfallen der Verdauung, während die ganze übrige Schleimhaut intact bleibt. Post mortem erweicht oft die ganze Magenschleimhaut, ja eventuell (an den tiefer gelegenen Stellen) die Magenwand in ihrer ganzen Dicke und selbst umliegende Organe.

Controversen. a) Virchow und Pavy waren der Meinung, dass das in der Magenwand circulirende, fortwährend erneuerte Blut die Selbstverdauung dadurch hindere, dass es die Säure des Magensaftes neutralisire und somit den Magensaft unwirksam mache. Damit war das Vorkommen der Selbstverdauung blutleerer Stellen (bei Embolien etc.) erklärt. — Die Virchow'sche Neutralisationshypothese passt aber nicht für das Pancreas; ausserdem ist die Selbstverdauung blutleerer Stellen auch in der Weise zu erklären, dass man sagt, blutleere Theile sterben und werden dann als todte Theile verdaut.

b) Lussana, Cl. Bernard, Harley, Schiff u. A. nehmen an, dass die Epithel- und die Schleimdecke die Magenschleimhaut vor dem Magensaft schütze. Schreiber sagt, dass das Epithel es nicht zum neutralisirenden Ausgleiche zwischen Magensaft und Blut kommen lasse und dass dasselbe somit ein Alkalischutz- und -sparmittel für das Blut und ein Säuresparmittel für den Magensaft sei. Es hebe die Diffusionsvorgänge theilweise auf. Das Blut bringe dem Epithel das Nährmaterial; fehle das Blut, dann sterbe das Epithel und die Selbstverdauung beginne. Nach dieser Theorie müssen alle das Epithel tödtenden Einwirkungen Ursachen der Selbstverdauung sein.

c) Gaglio meint, dass der Blut- und Lymphreichthum der Gewebe dieselben an der Quellung hindere, dass aber zur Verdauung die Quellung nöthig sei.

d) Sehrwald glaubt, dass die Epithelien und das Blut Schützer der Magenschleimhaut seien, und zwar das letztere sowohl durch seine neutralisirende als auch durch seine ernährende Eigenschaft.

e) Viola und Gaspardi halten die Bernard'sche Hypothese für unrichtig und glauben bewiesen zu haben, dass das Epithel und die Schleimschicht nicht den Schutz der Magenschleimhaut bedingen. Sie sahen, dass lebende in den Magen eingenähte Milz nicht verdaut wurde. Demgegenüber behaupten allerdings Cl. Bernard und Pavy, dass auch lebendige Körpertheile (Froschschenkel, Kaninchenohren) vom Magensaft angegriffen werden.

β) **Die Beeinflussung der Caseïne der Milch.** Sobald Caseïnlösungen (Milch) einige Zeit der Magensaftwirkung ausgesetzt werden, gerinnt das Caseïn (unter Wärmeproduction, Musso, Ad. Meyer) zu einer festen, unlöslichen Masse, ein Vorgang, welcher dem der Blutgerinnung ähnlich ist. Allmählich wird dann diese feste Masse durch das Pepsin

und HCl unter Peptonisirung resp. Umwandlung in Caseïndyspeptone, Caseosen, Protocaseosen und Peptone wieder gelöst. Den Gerinnungsvorgang setzte man früher auf Rechnung der Säure des Magensaftes. Diese Ansicht ist jedoch unrichtig (Hammarsten, Heintz u. A.). Der durch Säurewirkung auf Caseïn entstehende Körper ist wesentlich verschieden von dem durch Magensaftwirkung entstehenden. Der erstere, den Maly geronnenes Caseïn nennt, ist flockig, locker, weiss, leicht und zart, leicht löslich in verdünnter Natronlauge und Essigsäure; der letztere, von Maly Käse genannt, ist derb, fest, klumpig, gelbgrau, klebrig, in Natron und Säuren schwerer löslich; er enthält immer Aschenbestandtheile und zwar stets Kalk und Phosphorsäure, während Säurecaseïn durch Auswaschen rein erhalten werden kann. Diese Unterschiede zwischen dem Säurecasein und dem Magensaft-Käsekörper haben wir durch zahlreiche Versuche ebenfalls feststellen können. Namentlich wichtig erscheint mir die derbe Beschaffenheit und die Klebrigkeit des Käsekörpers. Der Magensaft aller Hausthiere veranlasste, mit Milch gemischt, das Entstehen eines derartigen derben, zusammenhängenden, klebrigen Gerinnsels. Hammarsten, Selmi, Heintz, Al. Schmidt haben nachgewiesen, dass im Magensaft ein besonderes Ferment, das Labferment, vorkommt, welches das Caseïn sowohl in alkalischer, als neutraler, als saurer Lösung in den beschriebenen derben, festen Käse umwandelt. Frische, alkalisch gemachte Kuhmilch und Caseïnlösungen, die frei von Milchzucker sind, gerinnen bei Zusatz von neutralisirtem Magenextract bei 37—40° C. sehr bald, ohne sauer zu werden. Das Labferment ist leicht zerstörbar, namentlich durch höhere Temperaturen und Säuren, es diffundirt schwer.

Wir haben das Labferment bei allen Hausthieren in der Magenschleimhaut und zwar hervorragend in der Fundusdrüsenschleimhaut gefunden, während es in den Cardiadrüsenregionen fehlte. Das Labferment hatte im Uebrigen die Eigenschaften des Pepsins, war durch Alkohol fällbar, durch Glycerin, Wasser u. s. w extrahirbar etc. Heintz fand nur bei Kalb und Schaf viel Labferment, bei allen anderen Thieren wenig.

Will man einen labfreien Magensaft haben, dann setzt man ein mit 0,3 pCt. HCl versetztes Magenextract 24 Stunden lang einer Temperatur von 37—40° C. aus; dann ist alles Lab zerstört.

Das Labferment stellt man wie folgt dar: Man fällt fractionirt das Pepsin mit Magnesiumcarbonat oder Bleiacetat. Dann bleibt ein Theil Labferment ungefällt. Nun folgt Befreien des Fermentes aus den Bleiniederschlägen durch Schwefelsäure, Lösen in Wasser und Fällen durch concentrirte Cholestearinlösung oder weisse Seife und stearinsaures Natrium.

Die Labfermentwirkung ist vielleicht auch eine Hydration des Caseïns (Ad. Mayer), sie steigert sich in Gegenwart von 0,2procentiger Salzsäure (Schumburg) und etwas Chlorcalcium, und mindert sich bei Wasserzusatz.

Neben dem geronnenen Käsekörper soll gleichzeitig ein peptonartiger, in den Molken gelöster Körper entstehen.

Der Nutzen der Wirkung des Labferments beruht offenbar darin, dass die eiweissreiche Masse durch die Gerinnung längere Zeit im Magen festgehalten und dadurch Zeit gewonnen wird für die Pepsin-Salzsäurewirkung. Bliebe die Milch flüssig, dann würde sie zu rasch nach dem Darm abfliessen.

b) Wirkung des Magensaftes auf Leim und leimgebende Gewebe. Die Wirkung des Magensaftes resp. der Pepsinsalzsäurelösungen auf Leim (Im Thurn, Metzler, Kühne) besteht darin, dass der Leim in eine Modification umgewandelt wird, die sich in Wasser löst und auch in der Kälte gelöst bleibt, also die Fähigkeit, zu gerinnen, verloren hat, und leicht diffundirt (Metzler, Eckhardt, Tatarinoff, Uffelmann). Die betreffende Leimmodification nennt man Leimpepton. Wir haben mit dem Magensafte aller Hausthiere Verdauungsversuche mit Leim angestellt und damit die vorstehenden Angaben auch für die Hausthiere bestätigen können.

Das leimgebende Bindegewebe (Sehnen, Häute, die Membranae propriae und das interstitielle Gewebe der Drüsen, das Sarcolemm, die Schwann'sche Scheide, die Membranen der Fettzellen, die Linsenkapsel etc.) wird leicht und rasch verdaut; dagegen widerstehen oft die Zellen; diese verdaut dann der Pancreassaft. Das Elastin wird nach Etzinger, Horbaczewski und Kühne gelöst, wenn auch schwierig; es bildet sich Hemielastin und Elastinpepton.

Wenn wir Stücke vom derben, festen, elastischen Nackenband des Pferdes gleichzeitig mit Sehnen der Magenverdauung aussetzten, dann war zu einer Zeit, zu welcher das Bindegewebe bereits verdaut war, vom Nackenband nur sehr wenig gelöst.

Die Knochen sind schwer verdaulich; immerhin wird das leimgebende lamelläre Grundgewebe des Knochens, das Ossein, allmählich peptonisirt. Je stärker die Säureconcentration ist, um so leichter gelingt die Verdauung von Knochen. Der Knorpel ist schwer verdaulich; er wird nur zum Theil peptonisirt. Bei seiner Verdauung entsteht ein eigenthümliches Nebenproduct, welches die Trommer'sche Zuckerreaction giebt (Bödeker und Fischer, Meissner, de Bary).

c) Wirkung des Magensaftes auf Stärke. Der eigentliche, 0,1 bis 0,2 pCt. HCl enthaltende Magensaft wirkt auf Stärke nicht verzuckernd ein; er bildet aber aus derselben etwas Amidulin und Erythrodextrin. Im Einzelnen ist noch Folgendes anzugeben: Das Extract der Fundusdrüsenregion enthält nur so viel diastatisches Ferment als z. B. die Muskeln, das Blutserum u. s. w. Demgemäss übt dasselbe auf Stärke (wie auch auf Inulin) fast gar keinen Einfluss aus; es producirt aus Kleister nur Spuren von Zucker. Die Salzsäure des Magensaftes vermag etwas Stärke in Amidulin und Erythrodextrin (Brücke, Nasse) umzuwandeln. — Das Extract der Pylorusdrüsenregion verhält sich ähnlich wie das Fundusdrüsenextract. Das Extract der Cardiadrüsenregion des Schweines besitzt ein ziemlich beträchtliches diastatisches Vermögen (Ellenberger und Hofmeister). Dies ist auch für die Cardiadrüsenschleimhaut des Pferdes, der Ratte und des Hamsters nachgewiesen worden (Edelmann). Die Wiederkäuer und der Hund besitzen keinen in Betracht kommenden Cardiadrüsenabschnitt.

d) Die Magensaftwirkung auf Zucker. Im Magen entsteht aus der aufgenommenen, verdauten Stärke und aus dem aufgenommenen Zucker auf dem Wege eines Spaltungsvorganges Milchsäure [$C_{12} H_{22} O_{11} + H_2O = 2 (C_6H_{12}O_6) = 4 (C_3H_6O_3)$]. Dieselbe tritt oft in bedeutenden Quantitäten auf. Die Milchsäuregährung wird natürlich durch ein Ferment hervorgerufen. Dieses entstammt zum Theil der Luft, die mit der Nahrung und dem Speichel abgeschluckt wird und stets Keime enthält, welche die Milchsäuregährung einleiten.

Ausserdem ist auch im reinen Magensaft ein, allerdings wenig wirksames Milchsäureferment enthalten. Wir haben dies in den Extracten der Magenschleimhaut aller Hausthiere gefunden.

Setzten wir neutralen Magensaft mit Zuckerlösungen an, dann trat nach einiger Zeit die Milchsäurereaction ein, während in den Controlflüssigkeiten (Zucker mit Wasser und dergl.) keine Milchsäure nachweisbar war. Zerstört man das Pepsin und das Labferment durch Natronlauge, dann hat die zurückbleibende Flüssigkeit noch immer das Vermögen, Zucker in Milchsäure überzuführen. Sonach steht es fest, dass der Magensaft ein Milchsäureferment enthält. Die Milchsäuregährung findet aber im Magen nur so lange und nur an solchen Stellen statt, wo die Salzsäure nicht die Concentration von 1—3 pro mille erreicht hat. Ein Magensaft mit 0,2 pCt. HCl hindert die Milchsäuregährung.

Rohrzucker wird durch neutralen und sauren Magensaft und auch durch Salzsäure allein langsam und theilweise in Traubenzucker übergeführt (Bouchardat und Sandras, Lehmann, Pavy, Ellenberger und Hofmeister).

e) Magensaftwirkung auf Fette und Oele und auf Fettgewebe. Die Wirkung auf Fette und Oele ist eine ganz unerhebliche. Geringe Mengen Fett werden in Fettsäuren und Glycerin gespalten (C. Ludwig, Cash, Ogata). Wir fanden im Magensafte des Pferdes und der Wiederkäuer kein Fettferment, wohl aber in dem des Schweines.

Auf Fettgewebe wirkt der Magensaft derart ein, dass er das stützende Bindegewebe und die Hüllen der Fettzellen löst, sodass die Fetttropfen frei werden.

Zum Emulsioniren von Fetten ist der Magensaft nicht geeignet.

f) Auf **Cellulose** übt der Magensaft der Hausthiere gar keinen Einfluss aus (V. Hofmeister).

g) Ebensowenig verändert der Magensaft **Gummi**, pflanzlichen und thierischen Schleim und Pflanzengallerte.

h) Fleisch wird vom Magensaft sehr leicht verdaut; das Sarcolemma wird zerstört; es bilden sich Discs und Fibrillentrümmer, die dann noch im Magen oder im Darm (durch den Pancreassaft) zur Lösung gelangen.

Auch die glatte Muskulatur wird rasch vom Magensaft gelöst resp. peptonisirt. Gekochtes Rind- und Hammelfleisch wird weit schwieriger und langsamer als rohes und als Kalb- und Fischfleisch verdaut.

i) Horngewebe ist im Wesentlichen unverdaulich. Liessen wir auf Hufhorn Magensaft längere Zeit einwirken, dann entstand allerdings

etwas, aber wenig Pepton. Wie das Horngewebe verhalten sich die obersten Schichten der Epidermis, des mehrschichtigen Epithels der cutanen Schleimhäute u. s. w.

Legt man Häute mit mehrschichtigem Epithel in Magensaft ein, dann tritt rasch Isolation der tieferen Zellen des Epithels ein, ein Theil der Zellen wird verdaut; die oberflächlichen, verhornten Schichten werden nicht verändert. Alle Epithelzellen, Drüsenzellen, Endothelien werden vom Magensaft rasch isolirt und zum Theil verdaut. Das Nucleïn und das Mucin und das Amyloid der Zellen sind aber unverdaulich.

k) Das **Blut** ist leicht verdaulich. Die rothen Blutkörperchen werden aufgelöst; es entsteht Hämatin und ein globulinartiger Körper; letzterer wird peptonisirt. Das Fibrin des Blutes geht rasch in Pepton über.

Ueber die Verdaulichkeit der Nahrungsmittel und über ihre Umwandlung und Verdauung im Magen existiren in Bezug auf die Hausthiere verschwindend wenig genaue Untersuchungen. In Bezug auf den Menschen sind Versuche angestellt worden über den Aufenthalt der einzelnen Nahrungsmittel im Magen bis zu ihrer Auflösung und ihrem Verschwinden. Ewald hat in seiner »Klinik der Verdauungskrankheiten« die Versuchsresultate übersichtlich zusammengestellt.

l) Wirkung des Magensaftes auf Gährungs- und Fäulnissvorgänge. Wie oben schon erwähnt, treten im Magensafte keine Gährungs- und Fäulnissvorgänge auf. Er wirkt antiseptisch und antizymotisch. Der Salzsäuregehalt des Magens entspricht genau der Menge, die erforderlich ist, um die Entwickelung der Fermentorganismen zu hindern (Sieber, Nencki, Miquel). Auch viele andere, auch pathogene, Mikroorganismen werden durch die Salzsäure des Magensaftes getödtet und dann vom Magensaft verdaut und so unschädlich gemacht. Es giebt allerdings auch Bacterien, so namentlich auch viele pathogene, die, besonders im Sporenstadium, vom Magensaft nicht getödtet werden (Tuberkelbacillen, Sporen der Milzbrandbacillen). Die Milch- und Buttersäurefermente sind ziemlich widerstandsfähig gegen die Salzsäure. Immerhin wird die Essigsäure- und die Milchsäuregährung durch die Gegenwart einer 0,1—0,15 pCt. HCl gehindert. Bei verringerter Salzsäurebildung im Magen treten die Gährungsprocesse daselbst in erhöhtem Maasse auf.

3. Die Galle (s. S. 533).

Die Ansichten über die Bedeutung der Galle für den thierischen Organismus haben oft und bedeutend gewechselt. Von vielen Autoren ist die Galle als ein reines Excret betrachtet worden, welches keinen weiteren Nutzen für den Organismus habe als den der Ausführung verbrauchter und schädlicher Körperbestandtheile und Stoffwechselproducte. Von anderer Seite wieder ist ihr ein sehr hoher Einfluss auf die Verdauung zugeschrieben worden.

Durch zahlreiche Versuche hat man die Bedeutung der Galle zu erforschen gesucht (Brodie, Tiedemann und Gmelin, Schwann, Blondlot, Nasse, Bidder und Schmidt, Arnold, Voit, F. Müller u. A.).

Man hat im Wesentlichen folgende Forschungswege eingeschlagen; 1. man stellte

Verdauungs- und andere Versuche mit der frisch gesammelten Galle oder mit Leberextracten an; 2. man beobachtete Thiere und Menschen, deren Gallengang verstopft oder künstlich unterbunden war; 3. man legte Gallenfisteln an, leitete die Galle nach aussen und stellte die Folgen des Ausfalls dieses Sekretes an den betreffenden Thieren fest; 4. man exstirpirte die Leber und beobachtete die Folgen des Fehlens dieses Organes im thierischen Haushalte.

Die ad 2 genannten Beobachtungen konnten keine reinen Resultate geben, weil bei ihnen 2 Momente: das Fehlen der Galle im Darm und die Resorption der nicht in den Darm abfliessenden Galle resp. die Zurückhaltung ihrer Componenten im Blute das Leben des Thieres beeinflussen.

Die Versuche mit dem Anlegen von Gallenfisteln führten Anfangs zu den widersprechendsten Resultaten; erst in neuester Zeit ist eine gewisse Uebereinstimmung in den Versuchsresultaten der einzelnen Beobachter zu constatiren gewesen. Schwann beobachtete, dass die Thiere, deren Galle nach aussen floss, starben. Die von Bidder und Schmidt beobachteten Hunde starben theilweise ebenfalls, einige aber und zwar diejenigen, welche sehr viel Nahrung (selbst das Doppelte der Nahrung gesunder Hunde) aufnahmen, blieben am Leben; sie zeigten aber eine grosse Veränderlichkeit in ihren Nahrungsgelüsten. Blondlot erhielt u. A. einen Gallenfistelhund 5 Jahre am Leben; auch Menschen mit Gallenfisteln lebten weiter und verdauten ihre Nahrung gut (Fonconneau, Dufresne, Walter, Oppolzer u. A. Nasse fand (wie Bidder und Schmidt), dass die Gallenfistelhunde sehr gefrässig waren; Bidder und Schmidt und Schellbach sahen den Fettgehalt des Kothes bedeutend steigen und constatirten, dass die Gallenfistelhunde nur $^1/_7$—$^1/_5$ (einmal 2 und $^1/_2$ Theil) des unter normalen Verhältnissen verdaulichen Fettes verdauten. Die genauesten und neuesten Beobachtungen über das Verhalten der Gallenfistelhunde stammen von Voit; sie ergeben Folgendes: 1. die Verdauung von Eiweisskörpern, von Fleisch und Leim war ebenso wie 2. die der Kohlehydrate ungestört, dagegen war 3. die Verdauung (resp. die Resorption) der Fette sehr beeinträchtigt. Während von gesunden Hunden von 150—250 *g* Fett 98—99 pCt. resorbirt wurden und nur 1—2 pCt. davon im Kothe nachweisbar waren, resorbirten die Fistelhunde von 100—150 *g* Fett nur 40 pCt., während 60 pCt. desselben mit dem Kothe abgingen. Dabei bestanden Verdauungsbeschwerden. Der Chylus war ärmer an Fett als der Chylus gesunder Hunde (um 30 pro Mille). 4. Die Nahrung war ohne Einfluss auf die Zusammensetzung der Galle. 5. Der Koth war sehr stinkend, fast farblos (tonartig grau); auch gingen übelriechende Gase ab. (Beim Icterus des Menschen beobachtet man dasselbe). 6. Der Koth wurde selten und träge, also verlangsamt abgesetzt, er war trocken und fest. Es bestand also ein gewisser Grad von Verstopfung. — Der bei Gallenfistelhunden früher so häufig beobachtete Tod ist durch Marasmus oder Lokalerkrankungen herbeigeführt worden. — Aus den angegebenen Beobachtungen lässt sich die Bedeutung der Galle für die Verdauung schon theilweise erkennen. Weitere Untersuchungen aber, die feststellten, wie sich die Galle bei künstlichen Verdauungsversuchen, im Dialysator, beim Mengen mit Magenchymus u. s. w. verhält, haben unsere Einsicht in dieser Richtung wesentlich erhöht. Im Nachstehenden seien die heute gültigen Anschauungen über die Bedeutung der Galle niedergelegt.

1. Wirkung der Galle auf die Eiweisskörper. Die Eiweisskörper werden durch die Galle nicht verdaut (Bidder und Schmidt, Bernard u. A.); es ist dabei gleichgültig, ob man die Galle für sich, mit Soda, mit Säuren, mit Wasser, mit Salzen u. dgl. anwendet. Auch die Leberextracte enthalten kein proteolytisches Ferment. Die Galle wirkt aber auf die Eiweisskörper insofern ein, dass sie deren Quellungsvermögen

beeinträchtigt und dieselben damit schwer verdaulich, wenn nicht unverdaulich für den Magensaft macht, während ihre Verdaulichkeit durch Pancreassaft nicht beeinflusst wird. Gemische von Galle und Pancreassaft wirken auf Eiweisskörper gut, zuweilen besser verdauend ein als der letztere Saft allein (Ellenberger und Hofmeister).

Setzten wir Eiweiss (Fibrin, Eiweisswürfel, flüssiges Eiweiss), welches in Galle ca. 1 Stunde gelegen hatte, der Verdauung durch Magensaft aus, so wurde dasselbe, trotzdem es vor dem Zusammenbringen mit dem Magensafte gründlichst ab- und ausgewaschen worden war, viel langsamer und in viel geringeren Quantitäten verdaut als gewöhnliches Eiweiss. — Man nimmt an, dass sich die Gallensäuren mit den Eiweisskörpern zu Stoffen verbinden, die der Pepsinwirkung schwer zugänglich oder unzugänglich und nicht mehr quellungsfähig sind (Hammarsten, Brücke). Das Gewicht der in Galle gelegten Eiweisskörper nimmt etwas zu (durch ausfallende und gebundene Gallensäuren).

2. **Wirkung auf die Amylaceen.** Die Stärke wird von der Galle der meisten Thierarten durch ein in ihr enthaltenes diastatisches Ferment in der bekannten Weise verdaut (Nasse, Jacobson, von Wittich, Bufalini). Wir fanden das amylolytische Ferment in der Galle des Rindes, des Schafes, des Kalbes, des Pferdes und zuweilen in der des Schweines, während es in der Hundegalle nicht nachweisbar war (Ellenberger und Hofmeister). In der Leber der Hausthiere (in den Leberextracten) ist stets ein diastatisches Ferment zugegen (Eves, Ellenberger und Hofmeister). Der Anschauung Maly's, dass die amylolytische Wirkung der Galle unbedeutend und kaum nennenswerth sei, vermag ich nicht zuzustimmen. Ich habe beträchtliche amylolytische Wirkungen der Galle beobachtet.

Die amylolytische Wirkung der Galle ist aber so lange von keiner grossen Bedeutung, als das Pancreas intact ist. Der Pancreassaft ist im Stande, die Stärkeverdauung allein zu übernehmen. Deshalb sehen wir, dass bei Thieren mit Gallenfisteln nicht blos die Verdauung der Eiweisskörper, sondern auch die der Kohlehydrate ungestört abläuft.

3. **Wirkung auf die Fette.** Die Galle soll sowohl spaltend als auch emulgirend auf die Fette einwirken. Wir fanden, dass die Galle von Pferd, Rind und Schaf sehr geringe Mengen Fettsäuren aus Neutralfetten abspaltete, vermissten aber diese Eigenschaft bei der Schweine- und Hundegalle (Ellenberger und Hofmeister). Jedenfalls kommt der Fette spaltenden Einwirkung der Galle keine grosse Bedeutung für die Verdauung zu. Die emulgirende Wirkung der Galle tritt nur hervor, wenn sie mit sauren, ranzigen Fetten zusammenkommt; dabei wird das Alkali der gallensauren Salze abgespalten, es verbindet sich mit den freien Fettsäuren zu Seifen (Marcet). Die entstehenden Seifen, welche in der Galle löslich sind, erhöhen erheblich die emulgirende Kraft der Galle. Ein Gemisch von Galle und Fettsäuren wirkt so leicht emulgirend auf Fette ein, dass es einer besonderen mechanischen Kraft dazu gar nicht bedarf; die einfache Berührung

genügt (Brücke, Gad). Wir haben von der Galle aller unserer Hausthiere die emulgirende Wirkung, die übrigens durch Zusatz von Kochsalz und Glaubersalz (1 pCt.) beeinträchtigt wird (Pfeiffer) nachgewiesen. Da die im Darmkanale vorhandenen Fette Fettsäuren enthalten (die zum Theil aus der Nahrung kommen, zum Theil das Product der Pancreaswirkung auf Fette sind), so kann die Galle hier ihre Einwirkung auf die Fette auch dann entfalten, wenn sie selbst kein fettspaltendes Ferment enthält.

Bidder und Schmidt und Lenz haben zuerst die Bedeutung der Galle für die Fettverdauung nachgewiesen, während Tiedemann und Gmelin und Brodie ihr diesen Einfluss absprechen.

Es sei hier noch erwähnt, dass alle Alkalien auf saure Fette emulgirend einwirken. Bringt man einen Tropfen Leberthran mit 0,3 pCt. Sodalösung in Berührung, so entsteht sofort und ohne weiteren Anstoss eine Emulsion; es muss dabei allerdings ein bestimmtes Lösungsverhältniss zwischen dem umgebenden Menstruum und den entstehenden Seifen bestehen, damit keine Seifenmembranen niedergeschlagen werden. So wirkt die Galle im Darmkanale erst emulgirend, nachdem sie die Säuren abgestumpft hat. Sie löst dabei auch die schwer löslichen Kalk- und Natronseifen auf.

Den wesentlichsten Einfluss übt aber die Galle auf die **Resorption der Fette** im Darmkanale aus, indem sie dieselbe in erheblichem Maasse befördert und steigert. Diese Wirkung beruht besonders auf einer Adhäsionswirkung der Galle auf die Fette.

Diese Beeinflussung der Fettresorption durch die Galle dürfte durch die folgenden Thatsachen erklärt werden: 1. Die Wände von Capillarröhrchen, die mit Galle befeuchtet sind, lassen Fett leicht aufsteigen, resp. durchfliessen. In ihnen steigen die Fette 12—14mal höher als in mit Wasser befeuchteten Röhrchen (von Wistinghausen). Diese Thatsache beruht auf einer rein physikalischen Wirkung; die Galle mischt sich mit Wasser und mit Fetten und befördert so das Passiren des Fettes durch Capillarröhrchen. — Da das Epithel der Darmwand von Galle durchtränkt ist, so lässt es Fette durch, ebenso wie Fette durch ein mit Galle getränktes Filter (Filtrirpapier) durchgehen, während sie ein wässeriges Filtrirpapier nicht passiren. b) Die Filtration von Fett durch eine mit Galle getränkte Membran geschieht unter geringerem Drucke als durch eine mit Salzlösungen befeuchtete Haut (von Wistinghausen). c) Die seifenähnliche Galle besitzt sowohl zu wässerigen Flüssigkeiten als zu Fetten eine gewisse Verwandtschaft, so dass sie eine Diffusion zwischen beiden ermöglicht, indem durch beide Flüssigkeiten eine Imbibition der Membran bei Durchfeuchtung mit Galle statthaben kann (v. Wistinghausen). Gröper bestreitet die Angaben von v. Wistinghausen, mithin auch die daraus gezogenen Schlussfolgerungen. Unbestreitbar ist jedenfalls die Thatsache, dass Oele durch solches Filtrirpapier, welches mit Galle befeuchtet ist, leicht und durch solches, welches mit Wasser durchtränkt ist, gar nicht durchgehen.

Der gewaltige Einfluss der Galle auf die Ausnutzung, auf Verdauung und Absorption des mit der Nahrung aufgenommenen Fettes ergiebt sich am besten aus den oben citirten Resultaten der Voit'schen Versuche etc. Gesunde Hunde verdauten 98—99 pCt., Hunde, bei deren Verdauung die Galle ausgeschlossen war, nur 40 pCt. des aufgenommenen Fettes. Die letzteren hatten bedeutend weniger Fett im Chylus als die ersteren.

Die günstige Wirkung der Galle auf die Fettresorption erklärt sich z. Th. wohl auch daraus, dass die Galle die resorbirende Thätigkeit der Epithelzellen der Darmschleimhaut (die Bewegung der Protoplasmafortsätze) anregt (Thannhofer).

Die Fettemulsionen halten sich wegen der Gegenwart des Pancreassaftes und des thierischen und pflanzlichen Gummi sehr gut und lange.

Hutyra und Lenz bestreiten die Wichtigkeit der Galle für die Absorption, ohne aber die Thatsache erklären zu können, dass beim Fehlen der Galle die Fettabsorption sehr bedeutend, die der Albuminate wenig, die der Amylaceen gar nicht leidet (F. Müller, Watney, Voit u. A.).

4. **Auf die Milch** wirkt die Galle gewöhnlich nicht ein; sie enthält demnach kein Labferment (Ellenberger und Hofmeister).

5. **Zucker** wird von der Galle unserer Hausthiere unter Milchsäurebildung in Folge eines in ihr enthaltenen Milchsäurefermentes zum Theil zersetzt (Ellenberger und Hofmeister). Meckel und Schiel haben Aehnliches beobachtet.

6. **Einfluss auf die Magensaftwirkung**. Die Magensaftwirkung wird durch die Galle in zwei Richtungen beeinträchtigt resp. aufgehoben. Einmal verbindet sich die Galle mit den Eiweisskörpern zu Stoffen, welche für den Magensaft schwer verdaulich oder unverdaulich sind; sodann wird das Pepsin direct gefällt und mit den sonstigen Niederschlägen, welche die Galle in Verdauungsgemischen macht (s. unten), mechanisch niedergerissen. Der Magensaft wird also unwirksam (Bernard, Brücke, Hammarsten). Wir haben diese Beobachtungen bei allen unseren Hausthieren gemacht. Ob die Galle auch die natürliche Magenverdauung aufhebt resp. sehr erheblich beeinträchtigt ist deshalb fraglich, weil im Magen fortwährend neues Pepsin gebildet wird. Die anderen Verdauungssecrete werden von der Galle nicht nachtheilig beeinflusst.

7. Beeinflussung des **Chymus** durch die Galle. Der aus dem Magen in den Dünndarm übertretende Chymus enthält Verdauungsproducte (Pepton, Albumosen, Leimpepton, Syntonin, Dextrose, Levulose u. s. w.), Pepsin und andere Fermente, Salzsäure, Milchsäure, nicht verdaute Reste der Nahrungsmittel (Stärke, leimgebendes Gewebe, Eiweiss, Muskelfaserbündel, Fette, Fettsäuren, Cellulose u. s. w.) u. A. Dieses Gemisch trifft nun im Duodenum mit der Galle zusammen und erleidet dadurch gewisse Veränderungen (Bernard, Brücke, Burkart, Schiff, Moleschott, Almquist, Hammarsten).

Beim Begegnen von Galle und Magenchymus erlischt unter Entstehung von Niederschlägen (Bernard) die Wirkung des Magensaftes. Man kann drei Arten von Niederschlägen unterscheiden:

1. Fällung der Glycocholsäure durch die Salzsäure. Dieser Niederschlag kommt nur in der Schweinegalle reichlich zu Stande. In der Galle der anderen Thiere wirkt die Taurocholsäure dem entgegen, weil sie freie Glycocholsäure zu lösen vermag.

2. Fällung des ungelösten Eiweisses und Leims, vor Allem der Syntonine und vielleicht der Albumosen durch die Gallensäuren (speciell durch die Taurocholsäure (Emich, Maly) zu einem schweren, flockigen,

zähen, klebrigen Niederschlage, der auch das Pepsin zum Theil mit niederreisst;

3. Fällung von Pepsin zu einem feinkörnigen Niederschlage (Hammarsten).

In Bezug auf das Verhalten der Galle zum Pepton und Propepton herrschen noch Meinungsverschiedenheiten. Sowohl die Tauro- als die Glycocholsäure rufen in Pepton- und Propeptonlösungen einen in Soda löslichen, bei saurer Reaction aber unlöslichen Niederschlag hervor. Dieser besteht aber nur aus Gallensäuren (Emich, Maly); je nachdem im Dünndarme alkalische oder saure Reaction herrscht, wird sich dieser Niederschlag lösen oder bestehen bleiben. Die Gallenniederschläge werden nämlich im Ueberschuss von Galle bei alkalischer oder ganz schwach saurer Reaction durch die Taurocholsäure wieder gelöst. Ob Pepton durch Galle gefällt wird, ist also sehr zweifelhaft; taurocholsaures Natrium mit Salzsäure soll Pepton fällen. Aber auch diese Peptonniederschläge lösen sich leicht wieder in Galle auf. — Ausser den genannten Stoffen fällt die ungesäuerte Galle auch Cholesterin und Mucin.

Die physiologische Bedeutung der bei Berührung von Galle und Chymus eintretenden Vorgänge ist noch unbekannt. Man nimmt an, dass die Niederschläge in Folge ihrer klebrigen Beschaffenheit (Maly, Emich) lange im Darm verweilen und dass hierdurch dem Darm- und Pancreassafte Gelegenheit gegeben werde, die Syntonine zu verdauen (Hammarsten). Auch wurde gelehrt, dass durch das Zurückhalten der Niederschläge die in den zum Theil leicht löslichen Niederschlägen enthaltenen Gallensäuren Zeit gewinnen, ihre antiseptische Wirkung ausgiebig auf den Darminhalt zu entfalten (Maly).

Früher lehrte man auch, dass eine Wirkung der Galle darin bestehe, dass sie den sauren Chymus neutralisire oder alkalisire und denselben dadurch der Pancreaswirkung zugänglich mache. Diese Angabe ist unrichtig. Die Galle stumpft nur die Säure des Chymus ab, ohne aber eine alkalische Reaction hervorzurufen. Schmidt-Mühlheim hat zuerst und zwar für die Hunde nachgewiesen, dass der Dünndarminhalt derselben sauer reagirt. Bei den anderen Hausthieren ist der Darminhalt bis zur Hälfte oder bis $^2/_3$ der Länge des Dünndarmes sauer, um dann erst neutral und alkalisch zu werden (Ellenberger und Hofmeister).

8. Die Galle giebt den Fäces den richtigen **Wassergehalt**, befeuchtet die Schleimhaut des Darmkanals und hilft durch die vielfachen Niederschläge, die sie im Chymus erzeugt (mit Mucin u. s. w.) ihre schleimige Decke bilden. Beim Fehlen der Galle werden die Fäces trocken und fest. Dies mag zum Theil allerdings in der langsameren Fortbewegung derselben liegen, in Folge dessen sie durch die Resorption viel Wasser verlieren.

9. Auf die im Darm ablaufenden **Zersetzungsvorgänge** wirkt die Galle insofern günstig ein, als sie einen **antiseptischen** Einfluss entfaltet und das Ueberhandnehmen der Fäulnissprocesse im Darmkanale hindert (Gorup-Besanez, Bidder und Schmidt). Im Darmkanal laufen fortwährend Fäulniss- und Gährungsprozesse ab. Sobald diese über-

handnehmen und sobald demgemäss grosse Mengen von Zersetzungsproducten resorbirt werden, muss eine Blutvergiftung eintreten.

Bei Gallenfistelhunden und beim Icterus ist die Fäulniss des Darminhaltes bedeutend gesteigert (s. oben); der Darminhalt solcher Individuen hat einen sehr üblen Geruch; es gehen viele übelriechende Gase durch das Rectum ab u. s. w. Im Harn nehmen dabei die Aetherschwefelsäuren, die Zeichen der Zersetzungen des Darminhaltes, zu (Röhmann). Aus diesen Thatsachen schliesst man auf die antiseptische Wirkung der Galle.

In neuerer Zeit ist der Galle die antiseptische Wirkung vielfach abgesprochen worden, und wie mir scheint, nicht ganz mit Unrecht. Maly, Emich, Lindberger u. A. haben allerdings gezeigt, dass die Gallensäuren stark antiseptisch wirken. Sie hindern bei einer Concentration von 0,2 pCt. die Fleischfäulniss; die Taurocholsäure hindert bei 0,5, die Glycocholsäure bei 0,2 pCt. die Pancreasfäulniss. Eine 0,5 procentige Taurocholsäure hebt die Alkohol- und eine 0,25 procentige die Milchsäuregährung auf. Taurocholsäure fällt Hühnereiweiss. — Aus diesen und anderen Thatsachen schliessen die genannten Autoren, wie auch Kossel, Limbourg, Röhmann, Voit u. A., dass die Galle in hohem Maasse antiseptisch und antizymotisch wirke; nach Voit soll diese Wirkung besonders bei Fettkost und nach Lindenberger besonders bei saurer Reaction des Darminhaltes hervortreten. Da in der Galle die Gallensäuren nicht frei, sondern an Alkalien gebunden vorhanden sind, so haben sie in derselben keine antiseptische Wirkung; wir sehen deshalb, dass die Galle, welche bekanntlich alkalisch reagirt, leicht fault. Im Darmkanal werden allerdings die Gallensäuren frei; demgemäss kann die Galle auch im Darminhalte, wenn derselbe sauer reagirt, antiseptisch wirken; im neutralen und alkalischen Darminhalte ist dies nicht möglich. Nach meiner Meinung ist die antiseptische Wirkung der Galle keine sehr erhebliche. Die Thatsache, dass bei Gallenfistel- und bei icterischen Thieren der Darminhalt stark fault, sodass der Koth stark riecht, erklärt sich aus dem verlängerten Aufenthalt desselben im Darmkanale und daraus, dass das unverdaute Fett die Eiweissstoffe umschliesst, sodass diese zum Theil der Fäulniss verfallen, anstatt verdaut zu werden (Bunge).

10. Die **Peristaltik** wird durch die Galle angeregt, indem die Galle direct reizend auf die glatte Muskulatur des Darmkanals (sowohl auf die Muskelfasern der Zotten als die Muskelhäute der Darmwand) einwirkt (Schiff, Leyden, Schülein). Bei Icterus und Gallenfisteln besteht Verstopfung, weil die genannte Anregung fehlt.

11. Auch die Darmepithelien scheinen durch die Galle zur Thätigkeit (Fettresorption) angeregt zu werden (v. Thanhofer, Röhmann).

12. Vielleicht steigert die Galle auch die **Secretion**, indem sie oder ihre resorbirten Bestandtheile einen Reiz auf die Darmdrüsen ausüben.

Ausser den vorstehend aufgezählten Wirkungen der Galle bei der Verdauung und Resorption, kommt ihr noch eine andere Bedeutung zu. Dadurch, dass die Leber die Galle bereitet und ausscheidet, befreit sie das Blut von einer Menge schädlicher, excretieller Stoffe und führt gewissermassen eine Entgiftung des Körpers, eine Blutreinigung herbei. —

4. Der Pancreassaft (s. S. 527).

Die Wirkungen des Pancreassaftes sind in der Weise festgestellt worden, dass man das gedachte Secret, welches man durch Anlegung

von Fisteln an den Ductus pancreaticus gewann (Corvisart, Kühne, Bernstein u. A.), oder Extracte der Pancreasdrüse zu künstlichen Verdauungen verwendete. Wir haben die Extracte des Pancreas aller unserer Hausthiere auf alle in Betracht kommenden Nährstoffe einwirken lassen und geben im Nachstehenden die Resultate unserer eigenen Versuche im Zusammenhange mit den Versuchsresultaten anderer Forscher.

Das Extract resp. das Secret des Pancreas von Pferd, Rind, Schaf, Schwein und Hund wirkt ebenso wie der Pancreassaft des Menschen. Es sind in demselben mindestens drei (von Danilewski und Paschutin isolirte) Fermente, ein amylolytisches, ein proteolytisches und ein Fettferment enthalten, so dass demnach der Pancreassaft Stärke verzuckert, Eiweisskörper löst und Fette spaltet. Ausserdem bringt er aber auch das flüssige Casein zum Gerinnen und wandelt Traubenzucker in Milchsäure um. Cellulose löst er nicht auf. Das proteolytische Ferment ist in den Zellen des Pancreas nicht so reichlich zugegen wie in den Zellen der Magenfundusdrüsen.

1. Das amylolytische Ferment wirkt nach Musculus und Mering in derselben Weise auf die Stärke ein, wie das Ferment des Mundspeichels; es entstehen sonach bei der künstlichen Pancreasverdauung, als Endproducte der Fermentwirkung, Achroodextrin und Maltose. Bei der natürlichen Verdauung im Darmkanale scheint sich dagegen nicht Maltose, sondern Traubenzucker zu bilden. In derselben Weise wie die Stärke wird auch das Glycogen durch das Pancreasferment verändert (Seegen u. A.). Gummi soll ebenfalls in Zucker verwandelt werden (Voit), während Inulin unverändert bleibt. Die diastatische Wirkung des Pancreassaftes ist eine sehr bedeutende, sie tritt fast momentan ein und erfolgt bei alkalischer, neutraler und schwach saurer Reaction.

Stärkere Säureconcentrationen und stark saurer Magensaft heben die Fermentwirkung auf und vernichten unter Umständen das Ferment (0,2 pCt. HCl). Ein 0,2 pCt. HCl enthaltender Magensaft macht bei längerer Einwirkung das diastatische Ferment dauernd unwirksam. Zusatz von Galle unterstützt, ebenso wie Zusatz von wenig Alkali, die Amylolyse. Organische Säuren sind dem Fermente in viel geringerem Grade feindlich als anorganische. Wasserentziehung (Trocknen) tödtet das Ferment nicht, ebenso wenig Kälte (z. B. 0° C); beide Einwirkungen machen das Ferment nur vorübergehend (d. h. so lange sie einwirken) unwirksam. Kochen vernichtet das Ferment; im getrockneten Zustande verträgt es hohe Temperaturen. Das Ferment ist schwer diffusibel und durch Alkohol fällbar; es wird durch Sublimat, schweflige Säure, Kali und Ammoniak, nicht aber von Alkaloiden, nicht von Blausäure, nicht von Galle und nicht vom neutralen Magensaft zerstört.

Das Ferment wirkt am besten bei einer Temperatur von 35—50° C.; bei einer Temperatur von 14—18° C. erfolgt die Verzuckerung schon sehr langsam; bei — 5 und + 65° C. sistirt dieselbe. Seine Wirkung steht im proportionalen Verhältnisse zu seiner Menge (Ellenberger und Hofmeister).

Die Wirkung des Pancreassaftes auf Stärke ist zuerst von Valentin (1844) beob-

achtet worden; Bouchardat, Sandras, Frerichs u. A. bestätigten die Beobachtung. — Nach Liversidge soll das diastatische Ferment des Pancreas durch Liegen der Drüse an der Luft zunehmen und sich in der erschöpften Drüse neu bilden. — Wir fanden bei allen Hausthieren das Ferment schon im ganz frischen Pancreas wirksam und konnten sein Vorkommen in einer Vorstufe nicht constatiren. In den Drüsen neugeborener Thiere fanden wir dasselbe bereits vorhanden, entgegen von Koravin.

Rohrzucker wird vom Pancreassaft nicht invertirt.

2. **Das proteolytische Ferment**, Pancreatin (Corvisart), Trypsin (Kühne). Dasselbe führt Eiweiss (Albumin, Fibrin, Casein) sowohl bei alkalischer, als bei schwach saurer und bei neutraler Reaction in eine lösliche und leicht diffusible Modification d. h. in Peptonarten über. Seine Wirksamkeit steht im proportionalen Verhältnisse zu seiner Menge; es wirkt am besten bei einer Temperatur von 31—50° C.; bei höheren und niederen Temperaturgraden sinkt die fermentirende Kraft; bei einer Temperatur, die + 60° C. übersteigt, hört die Fermentation auf. Kälte und Wasserentziehung bedingen vorübergehende Unwirksamkeit (die Kälte- und Trockenstarre), aber nicht die Vernichtung. Ein Extract, welches längere Zeit bei — 8° C. von uns aufgehoben wurde, hatte seine Wirksamkeit nicht eingebüsst. Gallenzusatz beeinträchtigt die Proteolyse nicht. Bei wiederholter Einwirkung einer Fermentlösung auf Eiweisskörper schwächt sich die proteolytische Kraft etwas, aber wenig (Ellenberger und Hofmeister). Das Ferment verdaut sich nicht selbst. Säurezusatz zu den Verdauungsgemischen, setzt im Allgemeinen die Fermentation herab; stärkere Säureconcentrationen (0,2 bis 0,5 pCt. HCl) machen das Ferment unwirksam und zerstören dasselbe; bei einer schwächeren Concentration tritt keine Vernichtung ein, das Ferment wird dann beim Alkalisiren wieder wirksam, es wirkt aber schwächer als vorher (Ellenberger und Hofmeister). Die durch organische Säuren bedingte saure Reaction des Darminhaltes beeinträchtigt die Proteolyse in keiner Weise. Mischungen von Magensaft und Pancreassaft verdauen die Eiweisskörper gut. Bei schwacher Acidität wird das Trypsin durch das Pepsin erst nach mehr als 24 Stunden zerstört (Boas); bei stärkerer Säure tritt die Vernichtung des Trypsin früher ein.

Aus der Thatsache, dass eine 0,2procentige HCl das Trypsin dauernd unwirksam macht, folgt, dass die Verabreichung von Pancreatin per os, wie sie bei Pancreas- und anderen Krankheiten vorgeschlagen wurde, nicht rationell ist. Das verabreichte Pancreatin wird durch den Magensaft vernichtet. Namentlich ist dies bei den Carnivoren der Fall; aber auch bei Herbivoren wird dies in der Regel eintreten; ausnahmsweise erfolgt nur eine Abschwächung der Wirkung, so dass dieselbe im Dünndarm bei Gallenzufluss wieder hervortritt.

Bei Zusatz von stark verdünnten Alkalien und alkalischen Salzen steigert sich die Fermentwirkung. Dies gilt besonders für Soda in 0,1 bis 1,2 pCt. Concentration. Eine derartige Sodalösung verhält sich zum Trypsin ähnlich wie die HCl zum Pepsin. Die Verdauungskraft des Trypsin wächst mit dem Sodazusatz bis zu einer gewissen Grenze;

0,3 pCt. Soda hindert schon etwas, 0,6 pCt. ganz bedeutend die Trypsinwirkung.

Chlornatriumzusatz steigert ebenfalls die Fermentwirkung; dies ist auch bei verschiedenen anderen Salzen der Fall (Nasse, Ellenberger und Hofmeister); dagegen soll Magnesium und Natr. sulfuricum die Fermentwirkung beeinträchtigen (Pfeiffer). Durch Kochen und concentrirte Alkalien wird das Ferment ebenso wie durch Mineralsäuren vernichtet. Eisenpräparate hemmen die Trypsinwirkung gar nicht, wohl aber die Pancreasfäulniss. Trockene Hitze wird bis über 150° ertragen (Hüfner, Salkowski). Antiseptica schaden erst bei stärkerer Concentration. Essigsäure und Milchsäure stören die Fermentwirkung nicht, wenn sie in geringer Menge zugegen sind (Lindenberger). Das Trypsin diffundirt sehr schwer und langsam.

Lebendes Pancreas verdaut sich nicht selbst, wohl aber todtes, wenn die nöthige Wassermenge zugegen ist. Bringt man ein Stück Pancreas mit Eiweiss oder Fibrin und Wasser in den Verdauungsofen, dann löst sich Alles bis auf einen unbedeutenden Rest auf (Kühne).

Nach unklaren Andeutungen von Purkinje, Pappenheim und Bernard war es Corvisart, welcher gegen Frerichs, Keferstein, Hallwachs u. A. bewies, dass der Pancreassaft lösend auf Eiweisskörper einwirke. Cl. Bernard, Meissner u. A. stimmten bald Corvisart bei. In neuerer Zeit ist die Frage der Trypsinwirkung besonders von Meissner, Strebitzki u. A., ganz eingehend aber von W. Kühne studirt worden. Corvisart gab an, dass das Ferment bei alkalischer, neutraler und saurer Reaction wirke; Meissner glaubte, dass es nur bei saurer Reaction functionire, während Kühne zeigte, dass die Wirkung bei alkalischer Reaction die beste ist.

Der Vorgang der Trypsinwirkung (Tryptonisirung der Eiweisskörper) hat grosse Aehnlichkeit mit der Peptonisirung des Eiweisses im Magen. Er unterscheidet sich aber vor Allem dadurch von demselben, dass dabei das Fibrin nicht aufquillt, dass dasselbe im Gegentheil schrumpft und mürbe wird, dass dabei kein Syntonin, sondern lösliches und fällbares Eiweiss (Globulin) oder ein Alkali-Albuminat (nach unseren Untersuchungen auch Propepton) als Zwischenproducte auftreten. In den Verdauungsgemischen des Magensaftes findet man viel, in denen des Pancreassaftes wenig oder keine Albumosen. Das Endproduct der Trypsinwirkung hat man, ebenso wie das Product der Magensaftwirkung, Pepton (Corvisart, Meissner, Kühne, Schwerin u. A.) oder Trypton genannt.

Es giebt die bekannten Reactionen des Pepton, und ist demselben scheinbar gleich (Meissner, Schwerin, Kühne, Senator); es unterscheidet sich aber von demselben dadurch, dass das Magenpepton vom Blute aus als heftiges Gift wirkt, während dies das Pancreaspepton nicht thut (Schmidt-Mühlheim); das erstere hebt die Gerinnungsfähigkeit des Blutes auf, das letztere nicht (Fano). Sonach muss man das Pancreaspepton vom Magenpepton trennen und kann es als Trypton bezeichnen. — Das bei der Pancreasverdauung zunächst noch nicht gelöste aber schon beeinflusste Eiweiss löst sich in ClNa-Lösung, gerinnt aber beim Kochen (natives, lösliches Eiweiss).

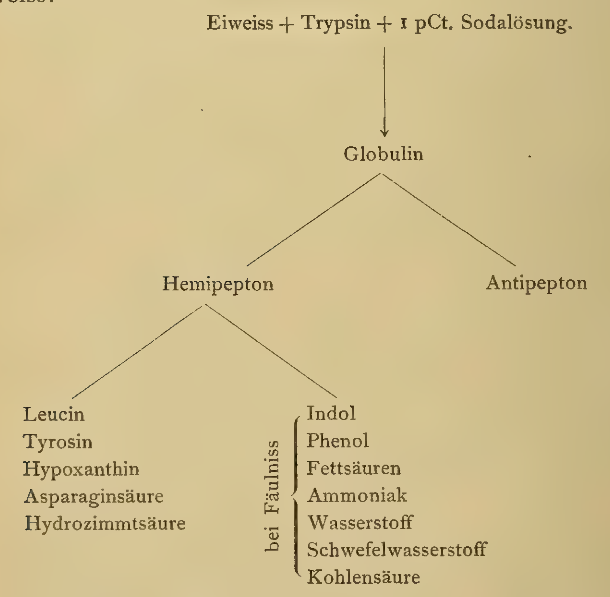
Der Vorgang der Tryptonisirung ist nach Kühne nicht so einfach, wie man dies bisher annahm. Kühne unterscheidet zwei Stadien der Pancreasverdauung. Im ersten Stadium entsteht, wie geschildert (durch

die Zwischenprodukte Globulin und Propepton), das Pepton, oder vielmehr zwei Körper, das Hemipepton und das Antipepton. Im zweiten Stadium wird das Hemipepton weiter zerlegt, während das Antipepton unverändert bleibt. Bei Ausschluss jeglicher Fäulniss, bei Gegenwart von Salicylsäure oder Thymol (Hüfner, Kühne), wird das Hemipepton in die Amidosäuren Leucin (Strebitski, Kühne und Hüfner) und Tyrosin (Meissner, Kühne, Senator, Schwerin, Hüfner) und in Hypoxanthin (Salomon, Salkowski, Hüfner), Asparaginsäure (Radziejewski, Salkowski, v. Knierim) und Hydrozimmtsäure (Salkowski), vielleicht auch Glutaminsäure und Amidovaleriansäure, Xanthin und Sarcin (Salomon) zerlegt.

Besteht neben der eigentlichen Verdauung Fäulniss, dann entstehen noch Phenol (Baumann), Indol (Kühne und Nencki), Skatol (Nencki, Brieger), Toluylsäure (Salkowski), flüchtige fette Säuren, Wasserstoff, Kohlensäure, Stickstoff, Grubengas, Ammoniak, Schwefelwasserstoff. Bei der reinen Pancreatinverdauung ohne Luftzutritt entstehen keine Gase, bei Luftzutritt CO_2 (Hüfner), bei der Fäulniss die genannten anderen Gase. Je mehr Skatol sich bildet, um so weniger entsteht Indol (Tappeiner).

Interessant ist, dass bei längerem Kochen von Albuminaten mit verdünnter Schwefelsäure erst Pepton und dann Leucin und Tyrosin (Kühne) und beim Kochen von Leim Glycin, und beim Kochen von Fibrin Hypoxanthin und Xanthin erhalten werden.

Folgende Formel giebt eine Darstellung der Trypsinwirkung auf Eiweiss:



Bei einem Kühn'schen Verdauungsversuche bildete der Pancreassaft aus Eiweiss: 61 pCt. Pepton, 3,9 pCt. Tyrosin, 9,1 pCt. Leucin und 26 pCt. unbekannte Producte. —

Die Syntonine und die Albumosen der Magenverdauung werden vom Pancreassaft in Tryptone übergeführt.

Das Nucleïn wird von dem Trypsin nicht angegriffen. Die verschiedenen, eiweisshaltigen Gewebe werden vom Trypsin ähnlich beeinflusst wie vom Pepsin (Hoppe-Seyler, Ellenberger und Hofmeister). Auf Leim und gequollene leimgebende Substanzen wirkt der Pancreassaft lösend wie der Magensaft, es entsteht das lösliche, nicht gelatinirbare, leicht diffusible Leimpepton (Schweder) und später daneben nach Nencki Glycin und Ammoniak (aus dem Hemipepton). Nicht qequollene leimgebende Substanzen sind für Trypsin schwer oder garnicht zugänglich (Ellenberger und Hofmeister). Sehnen, die der Magensaft so leicht verdaute, und Knorpel werden vom Pancreassaft kaum angegriffen; lockeres Bindegewebe wird in Fibrillen zerlegt, die Zellen werden gelöst, während die Fibrillen ungelöst bleiben. Der Pankreassaft löst Zellen und Eiweiss besser als der Magensaft, während dieser die leimgebenden Substanzen besser verdaut.

Das proteolytische Ferment, welches schon im Pancreas Neugeborener zugegen ist (Zweifel, Albertoni, Ellenberger und Hofmeister), soll sich nur in Drüsen finden, die in der Verdauung begriffen sind (Meissner, Kühne, Herzen, Corvisart, Maly).

Die vorstehenden Angaben stützen sich auf die Ergebnisse künstlicher Verdauungsversuche. Ob die Vorgänge der natürlichen Darmverdauung vollständig gleich denen bei der künstlichen Verdauung sind, ist sehr zweifelhaft, namentlich fragt es sich, ob viel Amidosäuren im Darm gebildet werden. Man findet zwar im Darmkanale stets Leucin und Tyrosin (Kölliker und Müller), aber wie zuerst Schmidt-Mühlheim beim Hunde nachgewiesen hat und wie wir dies auch für das Pferd und das Schwein feststellten, stets nur sehr geringe Mengen (Spuren) davon.

Nach Herzen entsteht in der Milz periodisch ein Ferment, welches Zymogen in Trypsin umwandelt. Entmilzte Hunde sollen keine Pancreasverdauung mehr haben (Schiff, Herzen). Heidenhain, Bufalini und Ewald bestreiten diese Angaben.

3. **Die Wirkung des Pankreassaftes auf Fette** (Cl. Bernard, Lassaigne, Lenz, v. Wittich, Hüfner, Berthelot u. A.). Der Pancreassaft enthält ein Fettferment, welches aus Neutralfetten Fettsäuren abspaltet; ausserdem besitzt er das Vermögen, saure Fette und Oele zu emulgiren.

α) Das Fettferment. Gemische aus Neutralfetten und Pancreasextracten oder Pancreasstückchen werden bei längerem Stehen bei Bluttemperatur und Luftzutritt sauer, in Folge der Bildung von Fettsäuren. Die letzteren verbinden sich mit dem vorhandenen Alkali zu Seifen. Das Pancreasferment bewirkt also eine Spaltung des Fettmolecüls unter Aufnahme von 3 Molecülen Wasser in Glycerin und 3 Molecüle Fettsäure. Auch für die Pancreasextracte aller Hausthiere haben wir nachgewiesen, dass sie fettspaltend wirken. Wir fanden diese Wirkung aber unbedeutend, sodass wir annahmen, dass dieselbe nur den Zweck hat, die Fette zur Emulsionirung vorzubereiten, wozu die Spaltung eines ganz geringen Theiles des Fettes, resp. die Gegenwart von wenig Fettsäuren genügt. Hierfür spricht auch die Thatsache, dass im Chylus fast nur unverseiftes Fett vorkommt und dass im Darm auch

ohne die Gegenwart des Pankreassaftes Fett verdaut und resorbirt wird (Bernard, Schiff, Colin). Magensaft und Salzsäure hemmen die fettspaltende Wirkung des Prancreassaftes; Galle und Alkalien heben diese Hemmung wieder auf.

Das Fettferment, welches leichter diffundirt als andere Fermente, als z. B. das Labferment, spaltet das Lecithin in Glycerinphosphorsäure, Neurin und fette Säuren (Bokay).

β) Die emulgirende Wirkung des Pankreassaftes ist erheblich (Eberle, Frerichs, Bernard). Dieselbe erfolgt, wenn der Pancreassaft mit Fetten, die freie Fettsäuren enthalten, in Berührung kommt, ohne dass ein mechanischer Anstoss erforderlich ist (Gad, Brücke). Die Fettsäuren und deren Seifen sind bei der Emulgirung sehr wesentlich (Gad, Brücke, Quincke).

Diese emulgirende Wirkung hat der Pancreassaft mit allen alkalischen, schleim-, eiweiss- und seifenhaltigen viscösen Flüssigkeiten gemeinsam.

Auf neutrale Fette wirkten aber die alkalischen Flüssigkeiten (kohlensaure Alkalien etc.) gar nicht ein; die Gegenwart von Fettsäuren ist unbedingt nothwendig. Die Fettsäuremolecüle liegen zwischen den Molecülen der neutralen Glyceride; dadurch, dass sie sich mit den Alkalien zu Seifen verbinden, werden die Fette in mikroskopisch kleine Tröpfchen zerlegt.

4. Im Pancreassaft findet sich ein Labferment, welches flüssiges Caseïn zum Gerinnen bringt, schwer diffundirbar ist und mit concentrirter Kochsalzlösung leicht aus dem Pancreas extrahirt werden kann (Roberts, Kühne, Ellenberger und Hofmeister).

5. Auch ein Milchsäureferment fanden wir in dem Pankreas (entgegen Lassaigne) aber nur in Spuren; es entwickelt deshalb der Pancreassaft aus Zucker nur sehr langsam Milchsäure (Ellenberger und Hofmeister).

6. Cellulose wird durch Pancreassaft nicht gelöst (Hofmeister). Nach Schmulewitsch findet eine Lösung statt. Gillavray stimmt Hofmeister bei.

Die sämmtlichen Fermente lassen sich durch Alkohol aus den Extrakten ausscheiden und getrocknet aufbewahren. Ebenso kann letzteres mit den nach Béchamp (Mikrozymas) und Löwe dargestellten proteolytischen und amylolytischen Fermenten geschehen. Im flüssigen Zustande sind die Extrakte bei Zusatz von Desinfectionsmitteln in entsprechender Verdünnung lange Zeit wirksam zu erhalten. Die Desinfectionsmittel stören die Fermentwirkung nicht. Am besten ist Carbol- und Salicylsäure; Sublimat und Thymol eignen sich wenig, etwas besser schon Calomel.

Von Nahrungsmitteln verdauten die Pancreas-Extracte nach unseren Untersuchungen: Hafer, elastisches Gewebe, Fleisch, Käse; dagegen wurde die Knorpelsubstanz, Sehnen-, Horn- und Knochengewebe kaum angegriffen; rohes Fleisch wurde rascher gelöst als gekochtes. Die in dem Magen des Pferdes enthaltenen Futtermassen werden durch den Pancreassaft lebhaft verdaut. Bei der Pancreasverdauung des Magenchymus fanden wir Tyrosin und Leucin. Die Fäulniss tritt in den nicht mit Desinfectionsmitteln versetzten Pancreasgemischen verhältnissmässig

sehr früh ein. Der Prancreassaft wirkt nicht ein auf Mucin, Pepsin, Chitin, Hornsubstanz.

Elastische Membranen und Fasern, die Membranae propriae, die Descemet'sche Haut etc., sollen vom Pancreassaft gelöst werden (Kühne).

Zieht man nun einen Vergleich zwischen den Fermentwirkungen des Secretes des Pancreas und denen der anderen Verdauungsdrüsen, so fällt zunächst auf, dass der Pancreassaft die Wirkungen fast aller anderen Verdauungssäfte in sich vereinigt. Sowohl die peptische und die Labwirkungen des Magensaftes, als auch die saccharificirende des Mundspeichels und des Darmsaftes, wie auch die emulsionirende der Galle finden wir beim Pancreassaft wieder. Die Fette spaltende Wirkung kommt nur dem Pancreassaft und in ganz geringem Grade noch dem Magensafte und der Galle zu.

Quantitativ übertrifft die proteolytische Wirkung des Magensaftes diejenige des Pancreassaftes, während umgekehrt die amylolytische Wirkung des letzteren die des Speichels und des Darmsaftes übertrifft.

Aus vorstehenden Thatsachen folgt, dass der pancreatische Saft zweifellos bei Ausschaltung der Magenverdauung und bei verringertem Fermentationsvermögen des Speichels vicariirend eintreten kann.

Es ist bewiesen, dass Thiere, denen der grösste Theil des Magens exstirpirt war, oder bei denen derselbe durch besondere Vorrichtungen vollständig ausgeschaltet worden war, noch ganz gut ihre Nahrung verdauten.

Andererseits können aber auch die übrigen Verdauungssecrete die Functionen des Puncreassaftes übernehmen, wie daraus ersichtlich ist, dass solche Thiere, deren Pancreassaft nach aussen und nicht in den Darm fliesst, und solche, bei denen das Pancreas in Folge Verfettung nur noch wenig functionirt und solche, bei denen das Pancreas zerstört oder exstirpirt oder in anderer Art ausgeschaltet ist (Bérard, Colin, Schiff) noch ganz gut verdauen; nur die Fettverdauung sinkt etwas. Nach Pancreasexstirpationen soll allerdings Diabetes mellitus eintreten (Minkowski und Mehring).

5. Der Darmsaft (s. S. 550).

Die Feststellung der Wirkungen des Darmsaftes geschieht durch künstliche Verdauungsversuche mit Extracten der gut ausgewaschenen Darmschleimhaut (resp. der Darmdrüsen) oder mit dem aus Thiry-Vella'schen Fisteln erhaltenen, natürlichen Darmsafte oder durch Beobachtung der Veränderungen, welche Nährstoffe und Nahrungsmittel in solchen Darmschlingen erleiden, die derart abgebunden oder abgeschnitten sind, dass weder Galle noch Pancreassaft in dieselben eindringen kann. Weiterhin hat man auch Beobachtungen über die Wirkungen des Darmsaftes an Menschen, die mit Darmfisteln behaftet waren, in der Weise angestellt, dass man in die distalen (aboralen) von den oralen Darmabschnitten getrennten Darmtheile Nahrungsmittel einbrachte. Aus der Beschaffenheit des Kothes und aus dem eventuellen Fortleben der betreffenden Individuen konnte man auf die Verdauungskräfte des Darmsaftes schliessen.

a) Extract der Darmschleimhaut (Darmsaft). Unsere eigenen Untersuchungen über die Functionen des Darmsaftes bestanden darin, dass

wir Verdauungsversuche mit Extracten der Schleimhaut der verschiedenen Darmregionen mit Kleister, Eiweiss, Cellulose und Fetten anstellten. Die Versuche dauerten verschieden lange Zeit und wurden mit verschieden grossen Quantitäten Extract und verschiedenen Zusätzen ausgeführt.

Aus circa 50 angestellten Versuchen ergab sich, dass der Darmsaft ein diastatisches Ferment enthält. Bei den Digestionsversuchen konnten schon in wenig Stunden erhebliche, aus Stärke gebildete Zuckermengen nachgewiesen werden.

Um thatsächlich die Gegenwart eines Fermentes darzuthun, wurde Kleister sowohl mit Wasser als mit eiweisshaltigen Flüssigkeiten und mit gekochten Darmextrakten dem Verdauungsofen einverleibt.

Die Digestionszeiten wurden hierbei bis auf 18 Stunden ausgedehnt: Es wurde in keinem Falle Zucker nachgewiesen. Bei Einwirkung von gekochtem Hühnereiweiss auf Stärke traten erst nach 30 Stunden Spuren von Zucker auf.

Die Ergebnisse dieser Kontrollversuche bestätigen die Richtigkeit des oben ausgesprochenen Satzes. Weitere Versuche demonstrirten, dass das diastatische Ferment des Darmsaftes durch Kochen zerstört und unwirksam gemacht wird. Anders verhält sich das Ferment gegen das Gefrieren. Extrakte, welche wir zweimal gefrieren liessen, zeigten nach dem Wiederaufthauen noch volle Wirksamkeit der Fermente. Durch Kälte werden dieselben demnach nicht zerstört. Die Fäulniss vernichtet dagegen das Ferment vollkommen. Deshalb ist auch das einfache Trocknen der Schleimhäute an der Luft, um sie zum Extrahiren zu verwenden, nicht empfehlenswerth. Bei diesem Verfahren tritt leicht ein gelinder Grad von Fäulniss ein, ehe die Häute vollständig trocknen, und es wird dadurch ein bedeutender Theil des Fermentes vernichtet. Deshalb hatten unsere Extrakte der so behandelten Schleimhäute aller Darmregionen geringe oder gar keine Fermentwirkung.

Durch eine grosse Anzahl von Versuchen mit und ohne Säure, mit und ohne Sodazusatz unter Verlängerung der Digestion bis auf 36 Stunden, haben wir die Frage, ob der Darmsaft des Pferdes Eiweiss zu lösen vermag, ob er also ein proteolytisches Ferment besitzt, festzustellen versucht.

Während wir mit aller Sicherheit ein negatives Resultat bei Iejunum, Ileum, Coecum, Colon, Rectum feststellen und sagen konnten, die Säfte dieser Darmabschnitte enthalten kein proteolytisches Ferment (Ausnahmefälle konnten durch nicht genügendes vorheriges Auswaschen der Schleimhäute erklärt werden), machte die Duodenalschleimhaut Schwierigkeit bei Beurtheilung der Resultate: Das Extrakt des Anfangstheiles dieser Schleimhaut löste bei Säurezusatz Eiweiss gut, das des Mittelstückes weniger gut und das des Endstückes gar nicht.

Diese Thatsache erklärt sich aus Folgendem: Die Schleimhaut des Anfangstheiles des Duodenum enthält Pepsin, aber nicht eigenthümlich aus ihren Drüsen erzeugtes und daraus hervorgegangenes, sondern auf dem Wege der Imbibition aufgenommenes, welches sehr fest haftet. Trotzdem die Schleimhaut 24 Stunden ausgewaschen worden war und zwar in der Weise, dass sogar ein Quirl in Anwendung gebracht wurde, und so lange, bis das Auswaschwasser vollkommen klar blieb und nur noch Spuren von Salzen enthielt, so war dennoch Pepsin in der Schleimhaut vorhanden. Diese Thatsache ist wichtig für die Beurtheilung des Pepsingehaltes der Pylorusdrüsenregion des Magens.

Der Darmsaft enthält demnach kein sebstständig erzeugtes proteolytisches Ferment. Ebensowenig fanden wir in demselben

ein in Betracht kommendes fettspaltendes Ferment. Dagegen besitzt er eine fettemulgirende Wirkung, die er mit allen alkalischen Flüssigkeiten gemeinsam hat. Milch bringt er zum Gerinnen. Cellulose wurde von den Extracten nicht gelöst. Nach Mac Gillavray soll das Extract aus der Schleimhaut des Processus vermiformis des Kaninchens Cellulose, unter Bildung eines zuckerähnlichen Körpers, lösen.

b) Natürliche Darmflüssigkeit. Experimentelle ausführliche Untersuchungen über das Vorkommen von Verdauungsfermenten in Flüssigkeiten, die durch Filtriren aus dem Darminhalt gewonnen wurden, ergaben Folgendes:

1. Die Duodenalflüssigkeit und die aus dem submucöse Drüsen enthaltenden Iejunumabschnitte gewonnene Flüssigkeit wirkte auf Fibrin und Eiweiss in der Weise, dass die aus den dem Magen nächsten Darmpartien stammende Flüssigkeit Fibrin oder Eiweiss löste, während die den nächstfolgenden Partien entnommene Flüssigkeit dies in der Regel nur wenig oder gar nicht vermochte; die aus etwas entfernteren Abschnitten des Duodenuminhaltes dargestellte Flüssigkeit löste wieder das Fibrin gut auf.

Stärke wurde von der Darmflüssigkeit lebhaft verdaut und in Dextrose (Zucker) übergeführt.

Fette wurden dagegen in der Regel nicht gespalten.

Die Verdauungsfermente konnten durch Alkohol aus den Darmflüssigkeiten niedergeschlagen und zu Verdauungsversuchen benutzt werden. Die getrockneten Alkoholniederschläge verzuckerten, in Wasser gelöst, Kleister rasch, wandelten denselben in Dextrin und Zucker um. Erythrodextrin entstand sehr rasch und massenhaft.

2. Die Flüssigkeit aus dem Inhalte des Ileum und des aboralen Abschnittes des Iejunum verzuckerte Kleister, löste Fibrin, löste etwas Cellulose, besass kein Fettferment.

3. Die Coecalflüssigkeit verzuckerte Kleister, löste kein Eiweiss, wirkte dagegen lösend auf Cellulose.

4. Die Flüssigkeit aus den ventralen (proximalen) Lagen des Colon verhielt sich im Allgemeinen wie die Coecalflüssigkeit und ebenso die der dorsalen Lagen des Colon. Letztere besass aber nur sehr wenig oder gar kein verzuckerndes Ferment, löste kein Fibrin, dagegen Cellulose.

5. Die Rectalflüssigkeit besass kein amylolytisches und kein proteolytisches Ferment, löste aber Cellulose.

Die in der Literatur vorliegenden Angaben über die Wirkungen des Darmsaftes widersprechen einander in fast allen Richtungen. Ein Autor findet in dem Darmsafte kein einziges, ein anderer 3, ja 4 Fermente. Die meisten Wirkungen schreibt dem Darmsafte wohl Vella zu; nach ihm wandelt er Stärke in Zucker um, invertirt Rohrzucker, emulgirt Fette, löst Fibrin und bringt die Milch zum Gerinnen. Bastianelli fand nur den Dünndarmsaft fermenthaltig, den Dickdarmsaft dagegen nicht. Für seine invertirende Kraft sprechen sich noch Paschutin, Frerichs und Bernard aus.

Das Vorkommen eines amylolytischen Fermentes im Darmsafte wird behauptet von Frerichs, Busch, Quincke, Garland, Röhmann, Masloff, v. Wittich, Paschutin, Eichhorst, Leben und Schiff, während Cl. Bernard,

Seegen, Kratschmer und Paschutin angeben, dass alle eiweisshaltigen Flüssigkeiten ebenso diastatisch wirken, wie der Darmsaft. Auch Bidder und Schmidt, Leube, Thiry, Frick sprechen dem Darmsaft die amylolytische Kraft ab.

Der Anschauung, dass der Darmsaft nicht stärker amylolytisch wirke als beliebige eiweisshaltige Flüssigkeiten muss ich widersprechen. Die letzteren rufen die Zuckerbildung in 24, 36, oder erst in 72 Stunden hervor; der Darmsaft producirt schon in 3—5 Stunden quantitativ bestimmbare Zuckermengen.

Ein proteolytisches Ferment fanden Busch, Thiry, Bidder und Schmidt, Leube, Budge, Krolow, Leben und Schiff. Thiry und Leube sahen, dass Fibrinflocken im alkalischen Darmsafte gelöst wurden. Nach Wenz, Masloff und Thiry bleiben aber die anderen Albuminate und Albuminosen ungelöst. Kölliker und Schiff fanden, dass Pflanzeneiweiss langsam und in geringen Mengen verdaut wurde. Nach Eichhorst wird Leim in eine nicht gelatinirbare Masse umgewandelt, nach Leube und Thiry bleibt er unverändert.

Für die fettspaltende und Fette emulgirende Wirkung sprechen sich ausser Vella noch Schiff und Leben aus. Bunge glaubt, dass der hohe Gehalt des Darmsaftes an kohlensaurem Natrium ihn befähige, die Säuren des Darminhaltes zu neutralisiren und mit dem überschüssigen kohlensauren Natrium die Fette zu emulgiren. Je mehr Säuren im Darminhalt vorhanden sind, um so lebhafter wird der alkalische Darmsaft secernirt. Dadurch wird dafür gesorgt, dass die Reaction des Darminhaltes an der Berührungsfläche desselben mit der Darmwand stets alkalisch ist, und dass hier die Fettemulgirung stattfinden kann.

Ein Labferment haben nur Vella und wir gefunden.

Nach Frerichs wandelt der Darmsaft den Rohrzucker nicht allein in Traubenzucker um, sondern auch diesen weiter in Buttersäure, Kohlensäure und Wasserstoff.

Der Darmsaft soll auch Cellulose lösen (Gillavray) und Maltose in Traubenzucker überführen.

Eiweisswürfel, Fibrin und Stärke, welche in Darmschlingen, zu denen der Pancreassaft, der Magensaft und die Galle keinen Zutritt hatten, eingelegt werden, werden verdaut. Von verschiedenen Autoren werden diese Veränderungen der Nahrungsmittel auf Einflüsse geschoben, die von den Bacillen des Darminhaltes herrühren; so soll also die Eiweisslösung nur eine Fäulniss sein. Höchst interessant und belehrend sind die Beobachtungen von Busch. Dieser hat eine Frau vom Darm aus ernährt, bei welcher Galle, Pancreassaft und Mageninhalt nach aussen flossen. Damit ist bewiesen, dass im Darm trotz der Abwesenheit von Galle und Pancreassaft die Bedingungen für die Verdauung gegeben sind, und dass die Anschauungen derjenigen Autoren, die dem Darmsaft gar keine fermentirenden Wirkungen zugestehen (K. B. Lehmann, Frick, J. Munk, L. Herrmann u. s. w.) kaum haltbar sind.

Klug und Koreck und Eichhorst gestehen dem Dickdarmsaft keine verdauende Thätigkeit zu. Sie betrachten die Drüsen desselben als Oberflächenvergrösserung und sind der Meinung, dass dieselben keine secretorischen Functionen haben. Auch andere Autoren stimmen diesem bei; sie betrachten die Lieberkühn'schen Drüsen als Resorptionsorgane.

G. Bunge nimmt an, dass die Hauptwirkung des Darmsaftes darin bestehe, dass das in ihm reichlich vorhandene kohlensaure Natrium in den Speisebrei diffundire und dort durch die aus dem Magen stammende HCl in ClNa unter Austreibung der CO_2 umgewandelt werde. Die CO_2 soll dabei die kleinsten Theilchen der Nahrung auseinandersprengen, dadurch den Speisebrei auflockern und den Verdauungsfermenten möglichst zugänglich machen. So erkläre sich die Schnelligkeit der Darmverdauung.

Bei der Beurtheilung der Frage der Bedeutung des Darmsaftes als eines verdauenden, amylolytischen Secretes wird nach meiner Ansicht ein Moment übersehen. Dass unter normalen Verhältnissen dem Darmsaft sowohl als der Galle keine grosse Bedeutung als verdauenden Secreten zukommt, gebe ich rückhaltslos zu. Ganz anders gestalten sich aber die Verhältnisse bei derartigen Erkrankungen des Pankreas, bei denen die Secretion des Pankreassaftes sistirt oder bedeutend verringert ist, oder bei denen das Pankreas keine Fermente bildet. Unter solchen Verhältnissen müssen andere Säfte stellvertretend für den Pankreassaft eintreten; die Eiweisskörper müssen dann durch den Magensaft und die Fette durch die Galle verdaut werden. Für die Verdauung der Stärke müssen der Speichel, die Galle und der Darmsaft sorgen. Die beiden letzteren Flüssigkeiten werden nunmehr für die Amylolyse wichtig. Sie können ganz erhebliche Mengen Stärke verdauen, weil diese nicht roh, sondern durch die Magenverdauung wohl präparirt, z. Th. als Amidulin und Erythrodextrin im Darm anlangt. Die Amylolyse wird dann auch im Dickdarm fortgesetzt.

Schlussbetrachtung. Aus den vorstehenden Angaben über die Wirkungen der Verdauungssäfte geht für die Verdauung der einzelnen Nährstoffe Folgendes hervor: 1. Die Eiweisskörper werden sowohl durch den Magensaft als auch durch den Pankreassaft verdaut; die für sie in Betracht kommenden Fermente sind das Pepsin und das Trypsin, von denen das erstere nur in saurer Lösung wirkt, während das letztere zwar bei allen Reactionen, aber am besten bei alkalischer Reaction wirksam ist. Gekochtes Bindegewebe wird vom Magensaft bedeutend besser als Muskelfasern und gekochtes Hühnereiweiss verdaut. 2. Für die Verdauung der Stärke stehen 4 Säfte, der Speichel, die Galle, der Pankreas- und der Darmsaft zur Verfügung; dazu kommen Nahrungsmittel- und Luftfermente. Auch bei der Milchsäuregährung, die wesentlich durch Nahrungsmittel- und Luftfermente eingeleitet wird, findet Lösung von Stärke statt. Gekochte Stärke wird fast total verdaut; von roher Stärke geht ein Theil unverdaut mit dem Kothe ab. — Aufgenommener Zucker wird event. invertirt, im Uebrigen aber lebhaft in Milchsäure übergeführt. 3. Die Fette unterliegen wesentlich der Einwirkung der Galle und des Pankreassaftes; die Wirkungen des Magen- und Darmsaftes kommen nicht in Betracht. Die Fette werden z. Th. gespalten, z. Th. emulsionirt und gelangen so rasch zur Resorption, dass man oft schon im Ileum eine fettfreie Flüssigkeit findet. Die Fette werden also wesentlich im Darmkanale verdaut, während die Verdauung der Kohlehydrate und Albuminate nicht nur hier, sondern auch im Magen stattfindet. In diesen Organen wirken auf die Nährstoffe ausser den genannten Fermenten noch zahlreiche Mikroorganismen und zwar sowohl solche, welche amylolytische und proteolytische und fettspaltende Wirkungen haben, als auch solche, welche Gährungs- und Fäulnissprocesse einleiten.

Anhang. Die Schicksale der Verdauungssecrete im Verdauungsschlauche.

Die in den Verdauungsschlauch gelangenden Verdauungssecrete werden, nachdem sie ihre oben geschilderten Wirkungen entfaltet haben, z. Th. mit dem Kothe (und zwar im unveränderten Zustande oder nach vorheriger Zersetzung) nach aussen geschafft, z. Th. aber resorbirt. Zur Resorption gelangen z. Th. die Verdauungssäfte selbst, z. Th. nur einzelne Bestandtheile derselben. Die resorbirten Verdauungssäfte, resp. ihre Bestandtheile unterliegen im Organismus wieder verschiedenen Schicksalen.

1. Ueber die Schicksale des Speichels ist wenig bekannt. Offenbar wird sein Wasser und die in ihm enthaltene Luft grösstentheils resorbirt; seine Salze gehen z. Th. mit dem Kothe ab, z. Th. verbinden sie sich, wenigstens die Alkalien derselben und zwar die kohlensauren Salze unter Freiwerden von Kohlensäure, mit den Magensäuren zu milchsauren Alkalien, Chlornatrium u. dergl. Diese gelangen grösstentheils zur Aufsaugung; die milchsauren Salze werden zu kohlensauren verbrannt u. s. w. Das Speichelferment wird z. Th. durch die HCl und wohl auch andere Umstände zersetzt und vernichtet, z. Th. unverändert resorbirt, sodass im Blute und in den anderen thierischen Flüssigkeiten und in den Geweben etwas Ptyalin angetroffen werden muss.

2. Die Bestandtheile des Magensaftes werden z. Th. resorbirt, namentlich seine Verbindungen mit den Nahrungsmitteln. Das nicht diffundirbare Pepsin scheint nicht oder nur in Spuren zur Resorption zu gelangen, daher das Fehlen desselben im Blute und in den Geweben. Es gelangt offenbar mit dem Chymus in den Darmkanal, wird von der Galle niedergeschlagen und unwirksam gemacht und später mit dem Kothe entleert. Die Salzsäure geht die verschiedensten Verbindungen ein und wird in dieser Form resorbirt. Dies geschieht so rasch, dass schon im Antrum pylori bedeutend weniger HCl zugegen ist als in der Fundusdrüsenregion.

3. Der Pankreassaft dürfte ebenso wie 4. der Darmsaft theilweise zur Resorption gelangen. Man hat in thierischen Geweben und Flüssigkeiten Trypsin gefunden; man muss vorläufig annehmen, dass dieses durch Aufsaugung aus dem Darmkanale dorthin gelangt ist. Ein bedeutender Theil der Secrete der Darmdrüsen geht mit dem Kothe ab und bildet einen wesentlichen Bestandtheil desselben. Das Mucin gelangt nicht zur Aufsaugung; es wird mit den Excrementen nach aussen befördert.

5. Die Galle hat verschiedene Schicksale. Sie wird aber grösstentheils resorbirt. Bidder und Schmidt fanden in den Fäces von 5 Tagen nur 4 *g* Gallenbestandtheile (mit 0,38 S), während sie hätten 40 *g* (mit 2,4 S) finden müssen. Ueber die Schicksale der einzelnen Bestandtheile der Galle weiss man Folgendes: a) das Mucin

geht mit dem Kothe ab. b) ebenso das Cholesterin. c) die Gallenfarbstoffe verfallen Oxydations- und Reductionsprocessen. Im Fötusdarm und wohl auch im Darm hungernder Thiere kommen nur Oxydationsprocesse vor. Bei den Reductionsprocessen entsteht Hydrobilirubin; dieses gelangt z. Th. mit dem Kothe nach aussen; ein Theil desselben wird aber resorbirt und als Urobilin mit dem Harn ausgeschieden. d) die Gallensäuren, die z. Th. im Darmkanale von den Alkalien abgespalten werden und dabei in ihre Componenten Cholsäure, Taurin, Glycin etc. zerfallen, werden grösstentheils (zu $^4/_5$—$^7/_8$) im Iejunum und Ileum resorbirt (Bischoff, Hoppe-Seyler, Tappeiner) und z. Th. im Organismus wieder verwendet und nur zum geringen Theile mit dem Harn ausgeschieden. Brachte man Gallensäuren in den Darmkanal ein, so nahm deren Menge im Ileum und Iejunum erheblich ab, nicht aber im Duodenum (Tappeiner). Dabei fand man Gallensäuren im Chylus (Tappeiner). — Ein geringer Theil der Glycocholsäure erscheint in den Fäces. Die Taurocholsäure spaltet sich in Taurin und Cholsäure. Die Cholsäure geht z. Th. mit dem Kothe und zwar unverändert ab (Hoppe); z. Th. wird sie resorbirt und verbindet sich in der Leber wieder mit ihren Paarlingen Taurin und Glycin oder wird im Blute zu CO_2 und H_2O verbrannt. Ob ein Theil der Cholsäure im Darm noch weiter verändert wird und dann als Dyslysin und Choloidinsäure im Kothe erscheint (Frerichs, Kühne, Lehmann) erscheint noch zweifelhaft (Hoppe). Taurin ist noch von keinem Forscher, abgesehen von Lehmann, im Kothe gefunden worden. Ebensowenig Glycin. Das letztere wird resorbirt und dient dann zur Bildung von Hippursäure und von Harnstoff (Horsford, Schultzen, Nencki). Ueber das Verbleiben des Taurin wissen wir trotz der eingehenden Arbeiten von Salkowski noch nichts Gewisses. Die Veränderungen der Gallensäuren und der Gallenfarbstoffe finden wesentlich im Dickdarm und weniger im Dünndarm statt. Daher kommt es, dass der Dünndarminhalt die Gmelin'sche Reaction giebt, während dies mit dem Dickdarminhalt nicht mehr der Fall ist.

Schiff spricht von einem Kreislauf der Gallenbestandtheile. Dieselben sollen aus dem Darm in die Leber gelangen, dort wieder zur Gallenbildung, die sie anregen, verwendet werden, dann wieder in den Darm eintreten u. s. w. Thatsache ist es, dass Gallenbestandtheile, die in den Darm eingebracht werden, die Gallensecretion steigern. Es bleibt aber fraglich, ob diese Wirkung eine Folge des Eintretens der resorbirten Gallenbestandtheile in die Leber oder ob sie die Folge einer Reizung der Darmschleimhaut durch die Gallensäuren ist.

III. Der Inhalt des Verdauungsschlauches.

Da zur Feststellung der im Magen und Darm ablaufenden Vorgänge die Kenntniss der oben dargelegten Wirkungen der Verdauungssäfte nicht genügt, da vielmehr auch dazu die Kenntniss der Beschaffenheit des Inhaltes des Magens und Darms nothwendig ist, so geben wir nachstehend eine Darstellung unserer gegenwärtigen Kenntnisse über

Menge, Beschaffenheit, Reaction, Bestandtheile des Magendarminhaltes der Hausthiere. Ich stütze mich dabei wesentlich auf eigene Beobachtungen.

I. **Die Menge** des Inhaltes der einzelnen Darmabschnitte richtet sich nach der Capacität des Verdauungsschlauches der betreffenden Thierart, nach der Menge des Verzehrten, nach der Zeit, die seit der letzten Mahlzeit verflossen ist, und ähnlichen Umständen.

Die Capacität des Magendarmschlauches beträgt nach Colin beim Pferde 211, beim Rinde 365 (Magen 260, Darm 105), beim Schwein 23—31, beim Hunde 10 bis 14 *kg*. Das Verhältniss der Körperlänge zur Darmlänge beträgt beim Pferde 1 : 12, beim Esel 1 : 11, beim Rinde 1 : 20, bei Schaf und Ziege 1 : 27, beim Schweine 1 : 14, beim Hunde 1 : 4. — Bei mittleren Mahlzeiten fanden wir:

a) beim Pferde (Durchschnitt von über 50 Untersuchungen) im Magen in den ersten Verdauungsstunden 6—12 *l*, nach 12—18 Stunden $^1/_2$—2, ausnahmsweise 12 *l*, nach 24 Stunden $^1/_2$—4 *l*, nach 48 Stunden Spuren Inhalt. Im Dünndarm fanden wir im Mittel 5—8, im Coecum 8 - 10, im Colon 16—25, im Rectum 4—6 *l* Inhalt. Die Trockensubstanz fiel im Magen von der ersten bis achten Stunde von 1000 auf 300, die Flüssigkeit von 10 000 auf 1600 *g*, im Dünndarm die erstere von 250 auf 110, die letztere von 12 000 auf 3000; im Coecum stieg die erstere von 300 auf 600, die letztere fiel erst von 12 000 auf 7000 und stieg dann wieder auf 13 000. Colin fand nach 36stündigem Hungern im Magen 410 *g* (mit 27 *g* Heutrockensubstanz), im Dünndarm 5300 *g* schleimige Flüssigkeit, im Blinddarm 14 700 *g* gleichmässigen Brei und nach 48 Stunden im Magen 500 *g* Flüssigkeit mit Spuren von Futtertheilchen, im Dünndarm 8500 *g* Flüssigkeit und im Coecum 17 400 *g* Inhalt.

b) beim Rinde in den Mägen, die niemals leer werden, im Mittel 50, zuweilen 75—100 *kg* Masse.

c) beim Schafe: im Pansen 1500—5200, in der Haube 90—350, in dem Psalter 12—120, im Labmagen 100—350, im Dünndarm 300—500 *g*.

d) beim Schweine im Magen 510—1900 *g*, im Dünndarm 200—700, im Blinddarm 100—300, im Colon 900—1500 *g*.

Im Dünndarm findet man post mortem bei allen Thieren stets sehr geringe Mengen von Nahrungsmitteln und Nährstoffen; der Inhalt besteht meist aus Schleim und Verdauungssäften; erst im Ileum häufen sich wieder Futtermassen an.

II. **Die natürliche Beschaffenheit der Inhaltsmassen.** Dieselbe ist verschieden nach der Art der aufgenommenen Nahrung, nach den Verdauungszeiten u. dgl.

1. Der Mageninhalt. A. **Bei den einmagigen Thieren.** Der Inhalt des Pferdemagens ist bei der gewohnten Ernährung (Hafer, Häcksel, Heu) verhältnissmässig trocken, dickbreiig, zuweilen auch sehr wässerig und dünnbreiig. Von 49 untersuchten Pferden war der Inhalt bei 36 dickbreiig und wasseram und nur bei 13 dünnbreiig und wasserreich; letzteres schien besonders der Fall zu sein, wenn die Thiere gleich nach der Mahlzeit bewegt wurden. Der Wassergehalt schwankte von 60—80, selbst 85 pCt. Am häufigsten fand man 60—70 pCt. Der Inhalt reagirte sauer; nur unmittelbar und in der ersten Zeit nach dem Fressen war die Reaction in der Nähe der Cardia und an der kleinen Curvatur, also der Inhalt der dorsal gelegenen Magenpartien alkalisch oder neutral, während in den tiefer gelegenen Abtheilungen schon jetzt die saure Reaction herrschte. Der Mageninhalt des Schweines ist bei Körnerfutter verhältnissmässig trocken, mit

60—70 pCt. Wasser; bei Kartoffelfütterung ist er schon wasserreicher, aber dickbreiig (80—87 pCt. Wasser). Bei Fütterung von gekochtem und gehacktem Fleische beträgt der Wassergehalt in den ersten Verdauungsstunden 84—85 pCt., später steigt er, sodass er in der achten bis zwölften Stunde 91—93 pCt. erreicht. Diese Steigerung des Wassergehaltes mit vorschreitender Verdauung war bei der Hafer- und Kartoffelfütterung nicht zu constatiren. Die Reaction des Mageninhaltes verhielt sich wie beim Pferde. Beim Hunde stellt der Mageninhalt eine dickbreiige, verhältnissmässig trockene, bei Fütterung mit gekochtem und gehacktem Fleische krümliche Masse und nicht, wie man früher annahm, einen dünnbreiigen Chymus dar (Schmidt-Mühlheim). Auch bei Fütterung mit Reis bildet er, wie wir feststellten, eine dickbreiige Masse mit einem Wassergehalte von 77—82 pCt. Der Wassergehalt steigt während der Verdauung; er betrug in der ersten Verdauungsstunde 77, in der vierten 82 pCt. und stieg in der zehnten Stunde auf 96,9 pCt. Die Consistenz und sonstige Beschaffenheit des Mageninhaltes richtet sich nach den Verdauungsstunden und nicht nur nach der Natur der aufgenommenen Nahrung. Der Mageninhalt setzt sich aus verdauten und unverdaulichen, gelösten und ungelösten Massen zusammen. Während man in der ersten Zeit nach der Mahlzeit die Nahrungsmittel fast unverändert antrifft, sind sie in den späteren Verdauungsstunden erheblich verändert und theilweise gelöst; dadurch wird der Mageninhalt, trotzdem viel Gelöstes in den Dünndarm übertritt, weicher und wasserreicher. Deshalb findet man beim Hunde 9—10 Stunden nach einer Fleischmahlzeit eine dünnbreiige, fast schmierige Masse (Chymus), bei Reisfütterung in der zehnten Stunde nur noch Schleim mit Spuren von Stärke.

Die chemische Zusammensetzung des Mageninhaltes richtet sich zum Theil nach der aufgenommenen Nahrung, nach der Verdauungsperiode und dergl. Man findet im Magen gewöhnlich vor: Syntonin, Pepton, Propepton, überhaupt Albumosen, Milchsäure, Essig- und Buttersäure in Spuren, Stärke, Zucker und Dextrin (bei Stärke- und Zuckergehalt der Nahrung), Pepsin, Ptyalin, Labferment und andere Fermente, Fette, Fettsäuren, Lecithin (0,5 pCt., v. Walther), Salze, Fäulnissgase. Dazu kommen Pilze, Bacterien, Mikrococcen, Infusorien.

Delafond und Gruby fanden im Pansen vier Arten Infusorien, Stein fand sechs Arten, Colin 8—10; im Dickdarm fand Stein 7, Colin 8—10; im Hundemagen fand man zwei, im Schweinemagen eine Art. Abelous fand im nüchternen Magen 16 verschiedene Mikrobenarten, von denen einige Eiweiss und Fibrin, andere Leim und wieder andere Stärke zu lösen im Stande waren. Escherich und Baginski fanden, dass das im Darm vorkommende Bacterium coli commune Milchzucker zersetzt u. s. w.

Unter den Bestandtheilen des Mageninhaltes beanspruchen besonderes Interesse der Gehalt an Fermenten, an Säuren, Zucker, Eiweiss und Pepton.

a) **Der Fermentgehalt.** Im Mageninhalte findet man Pepsin, Ptyalin, ein Labferment, ein Milchsäure- und ein Fettferment. Die dem Magen in den ersten Verdauungsstunden entnommene Flüssigkeit wirkt in hohem Grade amylolytisch, die später entnommene mehr proteolytisch. Zu jeder Zeit und an jedem Orte im Magen sind beide Fermente zugegen. Je nach Menge und Natur der vorhandenen Säure ist aber mehr das eine oder das andere wirksam. Der Fermentgehalt des Mageninhaltes ist insofern eigenthümlich, als sich das Pepsin vorzugsweise im

Fundus und pyloruswärts findet, während es cardiawärts in geringen Mengen vorkommt. Dies ist namentlich in den ersten Verdauungsstunden der Fall. Das Nähere über diese Vernältnisse ergiebt sich aus den nachfolgenden Betrachtungen (siehe übrigens: Die Verdauung der Haussäugethiere. Von Ellenberger und Hofmeister. Landwirthschaftliche Jahrbücher 1887 S. 256).

b) Die Säure des Mageninhaltes. Wir haben die durch Coliren und Filtriren aus dem Mageninhalte gewonnene Flüssigkeit von ca. 30 Pferden und 22 Schweinen auf ihren **Säuregrad** und auf die **Natur** der in ihr enthaltenen Säuren untersucht. Den Säuregrad bestimmte man durch Titriren und berechnete ihn herkömmlicher Weise auf Salzsäure. Demnach ist die in der Flüssigkeit vorhandene Säuremenge bedeutend grösser (das 2—3fache) als dies der Procentsatz ergiebt, wenn organische Säuren vorhanden sind. Der Säuregehalt des Mageninhaltes in toto ist nicht festzustellen, weil eine bedeutende Menge Säure von den Nahrungsmitteln absorbirt und bei dem Coliren, Filtriren und Auswaschen festgehalten wird.

Die nachstehenden Angaben beziehen sich also nur auf den Säuregehalt der Magenflüssigkeit.

Säuregrad und Säurenatur sind verschieden nach der Natur der Nahrung, nach der Zeit, die seit der Nahrungsaufnahme verstrichen ist und nach der Magenregion, woselbst sich der Inhalt befindet. Der Inhalt der linken (Cardia-, Schlund-) Abtheilung des Magens enthält meist eine andere Säure und besitzt einen anderen Säuregrad als der Inhalt der rechten (Fundus-Pylorus-, Darm-) Abtheilung.

Die Säureverhältnisse der Magenflüssigkeit sind zu Beginn der Verdauung andere als auf der Höhe der Verdauung; sie sind bei Fütterung mit Fleisch andere als bei Fütterung mit Hafer u. s. w.

Der Säuregrad steigt im Magen vom Beginn bis zur Höhe der Verdauung allmählich an und zwar von 0,02 bis 0,2, selbst 0,3 pCt. Unmittelbar und in der ersten Zeit nach der Nahrungsaufnahme ist der Mageninhalt in der Nähe der Cardia und an der kleinen Curvatur sogar noch alkalisch oder neutral; bald aber (ca. 1 Stunde nach der Mahlzeit) ist der ganze Mageninhalt sauer. Das Ansteigen des Säuregrades erfolgt in der Fundus-Pylorushälfte bedeutend schneller als in der Cardiahälfte, sodass in der zweiten und dritten Verdauungsstunde der Säuregrad im Fundus oft zwei- bis dreimal höher ist als cardiawärts (z. B. 0,07 : 0·2; 0,05 : 0·15). Allmählich gleicht sich der Säuregrad beider Abtheilungen aus und zwar bei Fütterung mit stärkemehl- und zuckerhaltigen Nahrungsmitteln (Körnern und Kartoffeln) in der fünften bis sechsten, bei Fleischfütterung in der siebenten bis achten Verdauungsstunde. Der raschere Ausgleich bei Ernährung mit stärkemehlhaltigen Nahrungsmitteln erfolgt durch die sich bildende Gährungsmilchsäure; diese bedingt es auch, dass zuweilen, nach der sechsten Stunde, linkerseits im Magen der Säuregrad ein höherer wird als rechterseits. Bei Fleischfütterung fehlt die genannte Gährung, und der

Ausgleich kann nur auf dem Wege der Diffusion zu Stande kommen. Bei Fütterung mit gekochtem Fleische ist der Säuregrad der Magenflüssigkeit bedeutend niedriger als bei der Fütterung mit Kartoffeln, und bei dieser etwas niedriger als bei Haferfütterung. Das Fleisch absorbirt und bindet viel und bedeutend mehr Säure als die genannten anderen Nahrungsmittel; die Folge davon ist, dass die Magenflüssigkeit nur verhältnissmässig wenig Säure enthält. Der gesammte Mageninhalt enthält bei Fleischfütterung vielleicht mehr Säure als bei anderer Ernährung; die gebundene Säure können wir aber beim Titriren nicht bestimmen.

Der Säuregrad des Inhaltes der rechten Magenabtheilung liegt in der Regel zwischen 0,15—0,3 pCt., sobald die zweite Verdauungsstunde erreicht ist Linkerseits liegt er in den ersten fünf bis sechs Verdauungsstunden unter 0,1 pCt. (0,02 bis 0,08 pCt.); später steigt er auf 0,2 bis 0,35 pCt. (bei viel Milchsäure).

Was die **Natur der Säuren** anlangt, die man in der Magenflüssigkeit findet, so constatirt man das Vorhandensein von Salzsäure und Milchsäure, neben denen oft noch etwas Essig- und Buttersäure vorkommt. Bei Fleischnahrung herrscht die Salzsäure (wir fanden z. B. 2,5 pro Mille HCl und 0,07 pro Mille Milchsäure), bei stärke- oder zuckerhaltiger Nahrung die Milchsäure vor (wir fanden z. B. 4 pro Mille Milch- und 1 pro Mille Salzsäure); im letzteren Falle ist die Milchsäure zwar im ganzen Magen vorhanden, sie überwiegt aber bedeutend in der linken Magenhälfte; man findet also links mehr Milch-, rechts mehr Salzsäure; weiterhin überwiegt in den ersten Verdauungsstunden die Milch-, in den späteren die Salzsäure. Unmittelbar nach der Aufnahme von Körnern und dergl. in einen, in Folge vorhergehenden Hungerns, leeren Magen findet man nur nahe der Schleimhautoberfläche der Fundusdrüsenregion Salzsäure, sonst ist überall nur etwas Gährungs- oder Nahrungsmilchsäure vorhanden. Bald tritt aber die genannte Scheidung in den Säureverhältnissen der Magenabtheilungen ein, die bei trockenen Inhaltsmassen bedeutend länger bestehen bleibt als bei wasserreichem Inhalte, weil erstere die Diffusionsvorgänge und die Durchmischung des Inhaltes erschweren, während der letztere sie erleichtert.

Bei Ernährung mit stärkemehlhaltigen Nahrungsmitteln ist sonach zu Anfang der Verdauung die Magensäure fast nur Milchsäure, deren Menge in den ersten Verdauungsstunden erheblich ansteigt und um so bedeutender ist, je mehr Stärkemehl oder Zucker die Nahrung enthält. Neben der Milchsäure steigt allmählich der Salzsäuregehalt des Mageninhaltes an. Die Salzsäure dringt von der Fundusdrüsenschleimhaut, woselbst sie entsteht, immer weiter und weiter in die Inhaltsmassen ein und hindert daselbst immer mehr und mehr die Milchsäuregährung. Da nun die Milchsäure zum Theil resorbirt und zum Theil nach dem Darm fortgeschleppt wird, so muss ihre Menge in den späteren Verdauungsstunden immer mehr und mehr abnehmen. Sie verschwindet aber im Pferde- und Schweinemagen niemals ganz, weil die Salzsäure-

concentration in den Inhaltsmassen der ösophagealen und cardialen (mit Cardiadrüsen ausgestatteten) Abtheilungen, die keine Salzsäure bilden und höher (mehr dorsal) liegen als die Fundusregion, niemals überall ein so hoher wird, dass die Milchsäuregährung vollständig aufgehoben würde.

Auch in dem Antrum pylori findet man weniger Salzsäure als Milchsäure. Offenbar wird die im Fundus gebildete Salzsäure hier z. Th. zerlegt, z. Th. resorbirt, sodass nach dem Pylorus verhältnissmässig wenig HCl gelangt; im Antrum pylori findet also schon eine Abschwächung des Säuregrades des Inhaltes, als Vorbereitung für die Darmverdauung, statt.

Auf der Höhe der Magenverdauung findet man sonach in dem Schlundsack des Pferde- und im Cardiasack des Schweinemagens überwiegend Milchsäure, in der Fundusdrüsenregion überwiegend Salzsäure und im Antrum pylori in der Nähe der Darmpforte überwiegend Milchsäure. Gegen Ende einer lange währenden Verdauung herrscht im ganzen Magen die Salzsäure vor.

Die Unterschiede in der Säurenatur der Inhaltsmassen der einzelnen Abtheilungen erhalten sich bis mindestens in die 8. Verdauungsstunde. Länger dauert in der Regel die Verdauung einer Mahlzeit deshalb nicht, weil die Thiere nach 8 Stunden eine neue Mahlzeit erhalten. — Wenn bei einer neuen Fütterung Portionen der früheren Mahlzeiten im Magen liegen bleiben, dann bedingt dies natürlich eine gewisse Aenderung in den Säureverhältnissen des Mageninhaltes. Die Flüssigkeit der liegen gebliebenen Massen zeigt einen Säuregrad von 0,2—0,3 pCt.; ihre Säure ist wesentlich Salzsäure.

Die vorstehenden Angaben beziehen sich auf das Pferd und das Schwein. Beim Hunde sind keine Untersuchungen über die Unterschiede des Säuregehaltes und der Säurenatur des Inhaltes der Magenregionen gemacht worden Unsere, in neuester Zeit begonnenen Versuche weisen darauf hin, dass bei Fütterung mit Reis auch ein Unterschied im Säuregrad besteht zwischen den Massen, welche der Cardia nahe liegen und denjenigen, die sich in der Fundusdrüsen- und Pylorusregion befinden. Bezüglich der Säurenatur scheinen aber keine Unterschiede vorzuliegen. Im Hundemagen herrscht überall die Salzsäure vor und hindert jede erhebliche Milchsäuregährung und Stärkesaccharificirung. — Ein Ansteigen des Säuregrades in den ersten Verdauungsstunden kann auch bei Hunden constatirt werden. — Ueber Verschiedenheiten des Säuregrades nach der Verschiedenheit der Nahrung liegen keine verlässlichen Angaben vor.

Cash behauptet, dass bei reiner Fleischfütterung nur HCl im Magen sei und dass die absoluten Mengen derselben stets die gleichen seien, weil eine Regulation durch Secretion, Resorption, Peptonisation und Fortschaffen nach dem Darm bestehe. Unsere Versuche weisen darauf hin, dass bei Reisfütterung der Säuregrad des Mageninhaltes ein niedriger ist. Wir fanden nach 2 Stunden 0,103, nach 3 Stunden 0,105,

nach 6 Stunden 0,207 und nach 10 Stunden 0,08 pCt. Säure (auf HCl bezogen).

Zum Schlusse sei noch auf einen wichtigen Punkt aufmerksam gemacht: Aus dem Säuregrade der Magenflüssigkeit kann wohl ein Schluss auf ihre verdauende Kraft auf intacte Eiweisskörper (frisches Fibrin, Eiweisswürfel), nicht aber auf ihre Einwirkung auf den Mageninhalt gezogen werden. Eine nach ihrem Säuregrade unwirksame und auf frische Eiweisskörper thatsächlich nicht einwirkende Flüssigkeit kann in vorzüglicher Weise auf den Mageninhalt, aus welchem sie durch Auspressen und Filtriren gewonnen wurde, verdauend einwirken. Die festen Theile des Mageninhaltes (der event. Press- und Filtrationsrückstand) haben Salzsäure und Milchsäure absorbirt und halten diese fest. Der gesammte Mageninhalt enthält also mehr Säure, als beim Titriren der Magenflüssigkeit bestimmt wird. Die absorbirte und gebundene Säure wirkt in Gemeinschaft mit dem in der Magenflüssigkeit vorhandenen Pepsin ebenso gut, wie die frei in dieser Flüssigkeit vorhandene Säure. Daraus erklärt sich die Verdauung von Mageninhalt durch eine in Folge eines zu geringen Säuregehaltes unwirksame Flüssigkeit, und die Thatsache, dass neutraler Magensaft Fibrinflocken, die in einer 0.2 pCt. HCl gelegen hatten und dann mit Wasser abgewaschen worden waren, recht gut verdaut (s. a. S. 779).

c) Der **Zuckergehalt** des Mageninhaltes ist bei Pferd und Schwein verschieden nach der Natur der Nahrung, nach der Dauer der Verdauung und nach den Regionen des Magens. Unmittelbar nach einer aus stärkemehlhaltigen Nahrungsmitteln bestehenden Mahlzeit ist der Zuckergehalt noch gering (0,02–0,2 pCt. in der Flüssigkeit); er steigt dann rasch an, auf 1—2—3 pCt., sodass die gesammte Flüssigkeit beim Pferde bis zu 120, beim Schweine bis zu 35 *g* Zucker enthält. Der höchste Zuckergehalt wird erreicht in der 2—3. Stunde; dann tritt ein Sinken desselben ein und zwar zuerst in der rechten, später auch in der linken Magenabtheilung; der Procentgehalt sinkt wieder auf 0,1 bis 0,2 pCt. Die Abnahme erfolgt links ganz langsam, rechts rasch. Bei Kartoffelfütterung fanden wir bedeutend mehr Zucker (35 *g*) im Schweinemagen als bei Haferfütterung (9 *g*).

Die durch Gährung aus dem Zucker entstehende Milchsäure kommt im Magen in den ersten Verdauungsstunden oft in sehr grossen Mengen vor; beim Pferde haben wir 30 bis 50, ja 100 *g* im Magen gefunden.

d) Der **Peptongehalt** des Mageninhaltes der Pferde und Schweine ist procentisch und absolut in der ersten Zeit der Verdauung nur gering, er steigt dann bis zur 5. oder 6. Verdauungsstunde und nimmt später wieder ab. Von 0,2 pCt. steigt der procentische Gehalt allmählich auf 1,5 und 2 pCt., und die absolute Menge beim Pferde von 2 auf 50 bis 60 *g* und darüber, beim Schweine von 1 auf 9 *g*. Dabei ist anfangs die Peptonmenge in der linken Magenabtheilung bedeutend geringer als rechts; sie steigt in der Funduspylorusregion bedeutend rascher als

links. Es kommt so eine Zeit vor, in welcher in der linken Magenabtheilung viel Zucker, ziemlich viel Milchsäure und wenig Pepton, rechts viel Pepton, wenig Zucker, wenig Milch-, viel Salzsäure ist. Später gleicht sieh Alles aus.

e) Der Gehalt des Mageninhaltes der Pferde und Schweine **an gelöstem, aber nicht peptonisirtem Eiweiss** ist nur in der ersten Verdauungsstunde bedeutend (2—2,5 pCt.), später stets gering (0,1—0,5 pCt.). Die absolute Menge schwankt beim Schweine von 1/2—9 *g* bei Haferfütterung und von 1—17 *g* bei Fleischfütterung.

f) **Ungelöste Stoffe.** Genauere Angaben über deren Mengen sind nicht zu machen. An ungelösten (nicht verdauten) Eiweissstoffen fand man 1—12 Stunden nach der Mahlzeit 25—60 pCt. und an unverdauten Kohlehydraten 60—70 pCt. der aufgenommenen Nährstoffe vor. Die absolute und relative Menge dieser Stoffe nimmt von Stunde zu Stunde ab. Die Cellulose bleibt im Magen procentisch in derselben Menge zugegen, in der sie aufgenommen ist.

g) **Gase.** Man findet im Magen des Pferdes CO_2, H_2S (Spuren), O, H, CH_4 und N (Valentin, Tappeiner). Beim Pferde kommt mehr H und weniger N als z. B. beim Hunde vor; dem letzteren Thiere fehlt CH_4. Beim Pferde wird CH_4 und H_2S oft ganz vermisst. CH_4 tritt besonders in der ösophagealen Magenregion auf.

Tappeiner fand beim Pferde:

1. CO_2 : 75,2, O : 0,23, H 14,56, N 9,99.
2. CO_2 : 67,73, O : 0,00, H 12,66, N 19,54.

Planer fand bei einem mit Hülsenfrüchten gefütterten Hunde 0,79 O, 66,39 N und 32,91 CO_2 und bei einem mit Fleisch ernährten Hunde 25,2 CO_2, 68,68 N und 6,12 O. Beim Menschen fand er bei vegetabilischer Kost einmal 20 CO_2, 6,7 H, 72 N, 2 O und ein anderes Mal 33,83 CO_2, 27,58 H, 38,22 N, 0,37 O.

Beim **Hunde** ist der Mageninhalt der einzelnen Theile des Magens nicht in der Weise untersucht worden, wie dies bei Pferd und Schwein geschehen ist. Schmidt-Mühlheim, welchem wir eine vorzügliche Arbeit über die Verdauung des Hundes verdanken, hat den Mageninhalt bei Fleischnahrung auf das Gründlichste untersucht (s. unten). Er fand, dass der Peptongehalt nicht mit den Verdauungszeiten wechselt; derselbe lässt vielmehr eine gewisse Constanz erkennen; seine Regelung erfolgt durch die Resorption und durch Fortschaffung nach dem Darm. Dadurch wird er in bestimmten Grenzen gehalten, sodass keine Anhäufung der Peptone, welche zu Verdauungsstörungen führen müsste, zu Stande kommen kann. Das Pepton verhielt sich zum gelösten Eiweiss wie 1,4 bis 2,0 : 1,0. Schmidt fand stets 3,0—3,6 *g* Pepton. Die Menge der gelösten Eiweissstoffe betrug von der 1. bis 9. Stunde stets ungefähr 5—5,5 *g*, wovon 3—3 1/2 *g* auf Pepton kamen.

B. **Bei den Wiederkäuern** ist der Inhalt der einzelnen Magenabtheilungen ein ganz verschiedener.

In dem Pansen und der Haube findet man eine stark durchfeuchtete Masse, deren Wassergehalt im Durchschnitt 80—90 pCt. beträgt und in der Haube und den

dorsalen Partien des Pansens höher ist als in den ventralen Abtheilungen des letzteren. Natürlich richtet sich die Beschaffenheit des Inhaltes nach der Natur der aufgenommenen Nahrungsmittel, die in ihm deshalb noch leicht zu erkennen sind, weil sie nur grob zerkleinert, wenig verdaut und nur etwas erweicht, resp. gequollen und macerirt sind. Da im Pansen stets Gährungen ablaufen, so hat der Inhalt oft einen widerlichen Geruch. Man findet, ausser den verschiedenen Bestandtheilen der Nahrung, ausser Phosphaten, Chloriden, Sulfaten u. s. w., in den zwei ersten Mägen als Producte der daselbst ablaufenden Vorgänge, z. B. Zucker, Milchsäure, Essigsäure, Buttersäure, Hydrothionsäure, etwas Pepton und Propepton, etwas Syntonin, kohlensaures, essigsaures und buttersaures Ammoniak, verschiedene Gase (CO_2, CH_4 u. s. w.). Zucker trafen wir bei stärkehaltiger Nahrung nur kurz nach der Mahlzeit (0,01 — 0,2 pCt.), später war nur Milchsäure zugegen. Der Zucker geht also offenbar, gleichgiltig, ob er in der Nahrung war oder aus Stärke (durch Ptyalinwirkung) entstanden ist, rasch in Milchsäure und eventuell weiter in Butter- und Essigsäure über.

Die Reaction des Inhaltes der zwei ersten Mägen ist zum Theil alkalisch (bei Ernährung mit Stroh, Heu, Gras und Spelzkörnern), zum Theil sauer [bei Ernährung mit Kartoffeln, Rübsen, Milch und Hafer (Ellenberger)].

Der Psalter enthält in seinen Nischen eine krümliche, trockene, gut zerkleinerte, zuweilen pulverige, aber kuchenartig zusammengepresste Masse mit einem Wassergehalte von 50 — 65 pCt. Sie erscheint in der der Haube zugekehrten (proximalen) Hälfte und in den ventralen Partien wasserreicher, als labmagenwärts (distal) und dorsal; in der proximalen Hälfte ist der Inhalt gröber, weniger fein zerkleinert als in der distalen Hälfte. In dem freien Raume über der Brücke (ventral von den Blättern) findet man öfterer eine nur ganz grob zerkleinerte, sehr wasserreiche Masse. Die sonstige Beschaffenheit des meist sauer reagirenden Psalterinhaltes ist nach der Nahrung verschieden. Bei Milchnahrung findet man gelblich graue Käsekuchen, bei Grasnahrung dunkelgraue, teigartige, bei Strohfütterung hellbraune, trockene, bei Haferfütterung sehr trockene, consistente, derbe, graubraune, aus Mehl und Hülsen bestehende Kuchen in den Psalternischen. Man findet in diesem Inhalte, ebenso wie in den zwei ersten Mägen: CO_2, Essigsäure, Milchsäure, Buttersäure, kohlensaures Ammoniak, Pepton u. s. w.

Der Labmagen enthält einen wasserreichen (80 — 90 pCt.), weichen, sauer reagirenden, schmierigen Chymus, der schon hochgradig verdaut erscheint. Bei Milchnahrung findet man sauer riechende, geronnene Milch mit Käseklumpen, bei Grasfütterung eine gelbbraune, flüssige Masse, bei Haferfütterung einen dünnflüssigen, übelriechenden Brei mit Haferhülsen und einem mehligen, pulverigen Bodensatz von gelbweisser Farbe, bei Strohnahrung eine dickliche Masse aus Strohfasern und einer bräunlich weissen Flüssigkeit.

Der Säuregrad der Labmagenflüssigkeit betrug bei unseren Untersuchungen, auf HCl bezogen, 0,05 – 0,12 pCt., und zwar letzteres 12 Stunden nach der Fütterung. Unter den vorhandenen Säuren herrschte die Milchsäure vor, dann folgte die Salzsäure, dann Spuren von Essig- und Buttersäure. Zucker haben wir entweder gar nicht oder nur spurenweise gefunden.

Ueber den **Fermentgehalt** der Flüssigkeit des Inhaltes der Mägen der Wiederkäuer geht aus unseren Versuchen hervor, dass sich in allen 4 Mägen ein diastatisches Ferment befindet; nur bei 2 Thieren, die 12—14 Stunden nach der Mahlzeit getödtet wurden, wirkte die Labmagenflüssigkeit nicht saccharificirend auf Stärke ein, weil die vorhandene Säuremenge das diastatische Ferment lähmte. Ein proteo-

lytisches Ferment fand sich im Labmagen und bei einigen Thieren im Psalter. Da die Psalterschleimhaut kein Ferment enthält, so kann das in seinem Inhalte vorhandene Ferment nur aus dem Labmagen kommen. Das Milchsäureferment fand sich in allen 4, das Labferment nur im 4. Magen. Die Flüssigkeit der ersten 3 Mägen bringt die Milch zwar auch zum Gerinnen, sie bildet aber nicht den Käse, wie das Labferment. Ein Fettferment fanden wir in keinem der 4 Mägen. Ein Celluloseferment war nicht zu isoliren, trotzdem die Pansen- und Haubenflüssigkeit Cellulose löste (Gährungsfermente? Mikroorganismen?).

Ueber den Gehalt des Inhalts der Mägen der Wiederkäuer an **Gasen** liegen verschiedene Untersuchungen vor (Lamegron, Fremy, Lassaigne, Colin, Tappeiner u. A). Im dritten und vierten Magen findet man nur wenig, ja im ersteren oft gar keine Gase. Dagegen sind in den zwei ersten Mägen stets grosse Mengen von Gasen zugegen. Tappeiner fand die Zusammensetzung des Gasgemenges in diesen beiden Mägen wie folgt:

1. im Pansen des Rindes bei Heufütterung:

CO_2 und H_2S 65,27
H 0,19
CH_4 30,55
N 3,99
} CO_2 verhielt sich zu CH_4 wie 2 : 1;

2. im Pansen von drei Ziegen bei Heu-Haferfütterang

a) $CO_2 + H_2S$ 58,57, H 0,13, CH_4 30,99, N 10,57;
b) $CO_2 + H_2S$ 61,55, H 3,56, CH_4 30,74, N 4,0;
c) $CO_2 + H_2S$ 64,8, H 0,6, CH_4 32,0, N 1,9;

3. im Pansen eines Lammes:

$CO_2 + H_2S$ 45,16, H 4,69, CH_4 34,24, N 15,20.

Bei allen Thieren fand er Spuren von O.

Der Gehalt des Vormageninhaltes an **Parasiten** ist ein sehr bedeutender. Man findet daselbst zahlreiche Mikrobenarten (Bacterien) und mindestens 8—10 Arten von Infusorien und zwar in sehr grosser Anzahl. Man (Gruby und Delafond, Colin, Stein, Schuberg) hat folgende Gattungen gefunden: Ophryoscolex, Entodinium, Isotricha, Buetschlia, Dasytricha, Pterodina, Salpina, Paramaecium etc.

2. Der **Darminhalt.** Die grobe Beschaffenheit desselben ist natürlich nach der Nahrung sehr verschieden.

Der Dünndarminhalt, welcher als Chymus bezeichnet wird, ist wasserreich; er enthält 88—97 pCt. Wasser. Er ist in den proximalen Partien stark schleimig, zähe, fadenziehend; in den distalen Abschnitten, namentlich im Ileum nimmt die zähe Beschaffenheit ab, dagegen aber die Menge der in der Flüssigkeit enthaltenen Nahrungsmittel zu. Der Ileuminhalt ist trockener, fester als der sonstige Dünndarminhalt. Im ganzen Dünndarminhalt kann Galle (Gallenfarbstoffe und Gallensäuren) nachgewiesen werden. Einen Fäcalgeruch besitzt der Dünndarminhalt nicht.

Bei Milchnahrung findet man im Dünndarm eine dünne, schleimige, milchige, breiige Masse, die im Ileum consistenter und dunkelbraun und sehr schleimig wird; bei Haferfütterung ist der Inhalt gelblich-grau bis bräunlich gefärbt und besteht aus einer gelblich-weissen Flüssigkeit, und Hafermehl und Haferhülsen (beim Stehen bildet sich ein mehliger Niederschlag) u. s. w.

Der Cöcalinhalt ist breiig, sehr wasserreich, mit 85—90, beim Pferd bis 95 pCt.

Wassergehalt, und besitzt einen eigenthümlichen, durchdringenden, unangenehmen Geruch. Die gelbe Farbe und zähe, fadenziehende Beschaffenheit des Dünndarminhaltes ist verschwunden. Gallenfarbstoffe sind (auf dem Wege der gebräuchlichen Gmelinschen Probe) nicht nachzuweisen, wohl aber Gallensäuren.

Der Coloninhalt ist ebenfalls breiig und in den proximalen Partien des Colon dem Cöcalinhalte ganz gleich; weiter rectalwärts wird der Inhalt trockner und der Geruch desselben unangenehmer; der eigentliche Fäcalgeruch tritt immer mehr und mehr hervor.

Der Inhalt des Rectum ist ärmer an Wasser als der des übrigen Dickdarms; er enthält 75—85 pCt. Wasser und besitzt einen ausgesprochenen Fäcalgeruch.

Wie die übrige Beschaffenheit, so richtet sich auch der Geruch des Darminhaltes nach der Nahrung und nach der Thierart; am widerwärtigsten ist derselbe bei Hunden und Schweinen und namentlich bei Fleischnahrung; viel weniger unangenehm ist er bei den Herbivoren.

In Bezug auf die speciellen Verhältnisse des Darminhaltes der verschiedenen Hausthierarten bei verschiedener Fütterung verweise ich auf die Angaben von Bidder und Schmidt, Tiedemann und Gmelin, Colin, Gurlt etc. und auf die Abhandlungen von V. Hofmeister und mir.

Von den Eigenschaften des Darminhaltes bieten die Reactionsverhältnisse besonderes Interesse. Früher lehrte man, abgesehen von Tiedemann und Gmelin und von Bidder und Schmidt, ganz allgemein, dass der Darminhalt von der Einmündungsstelle des Gallenganges ab alkalisch reagire. Schmidt-Mühlheim zeigte dann aber, dass beim Hunde in der Regel der ganze Dünndarminhalt sauer ist. In Bezug auf die anderen Hausthiere, Pferde, Schweine und Wiederkäuer, haben wir (V. Hofmeister und ich) durch zahlreiche Untersuchungen dargethan, dass der Inhalt der vorderen (proximalen) Partien des Dünndarms, und zwar $^1/_3$ bis $^2/_3$, stets sauer reagirt, dann tritt die neutrale und dann die alkalische Reaction auf. Der Ileuminhalt reagirt fast immer alkalisch. Je länger der Dünndarm ist, um so grösser ist der Theil, in welchem die alkalische Reaction herrscht. — (Wenn man den ganzen Dünndarminhalt zusammenmischt, dann reagirt das Gemisch in der Regel alkalisch).

Die periphersten, direct der Darmwand anliegenden Theile des sauren Dünndarminhaltes reagiren meist alkalisch.

Der Inhalt des Cöcum reagirt nach meinen zahlreichen Untersuchungen stets alkalisch; das Gleiche gilt von dem Inhalte der proximalen Partien des Colon. Im distalen Drittel des letztgenannten Darmabschnittes wechselt die Reaction; es richtet sich dies z. Th. nach der Natur der Nahrung, z. Th. nach der Aufenthaltszeit des Inhaltes und dergleichen; meist ist sie aber auch alkalisch. Der Inhalt des Rectum wird zuweilen alkalisch, zuweilen neutral, zuweilen sauer angetroffen. Bei verlängertem Aufenthalte des Inhaltes, also verzögertem Kothabgange, wird der Dickdarminhalt sauer und bei sehr langem Aufenthalte wahrscheinlich wieder alkalisch.

Die Bestandtheile des Darminhaltes. In den vorderen Abschnitten des Dünndarms findet man noch verschiedene aus dem Magen stammende

und durch die Dünndarmverdauung noch nicht veränderte Körper, z. B. Acidalbumin, Pepton, Propepton u. s. w.; diese verschwinden in den distalen Darmtheilen; ausser den genannten Stoffen enthält der Darminhalt der Omni- und Herbivoren: lösliches Eiweiss, Trypton, Fett, Fettsäuren, Fettseifen, Leim, Zucker, Stärke, Dextrin, Milchsäure, Buttersäure, Essigsäure, Cholesterin, viele unlösliche und ungelöste Bestandtheile der Nahrungsmittel, Gallenbestandtheile, Schleim, diastatische, proteolytische, Fett- und Milchsäurefermente, Salze, namentlich Chloride, buttersaure, essigsaure und kohlensaure Salze, Ammonverbindungen etc., Mikroorganismen u. s. w.

Der Dickdarminhalt besteht wesentlich aus unverdaulichen und unverdauten Nahrungs- und aus nicht resorbirten Secretbestandtheilen, aus Gährungs- und Fäulnisserregern, Gährungs- und Fäulnissproducten, aus verdauten, aber nicht resorbirten Nährstoffen und dergl. Wildt fand im Dickdarminhalte:

	Blinddarm	Grimmdarm	Mastdarm
Rohfaser	28,69	32,0	32,14
N haltige Stoffe	14,69	15,69	14,0
N freie Stoffe	40,31	38,05	41,66
Gase	16,31	14,26	12,21

Als besondere Stoffe treten im Darmkanale auf: das Indol, Phenol, (resp. Ortho- und Parakresol), Leucin, Tyrosin, Asparaginsäure, Hydrozimmtsäure, Skatol, Lecithin (0,4 – 1,5 pCt. bei Hunden, v. Walther) u. s. w. Bei längerem Verweilen des Darminhaltes nimmt die Menge des Indol und Phenol zu und damit steigt der Gehalt des Harns an Indican und Phenylschwefelsäure (Jaffé, Salkowsky, Schmidt - Mühlheim, Tereg). Die genannten Stoffe sind z. Th. Fäulnissproducte, die mit der Ernährung nichts zu thun haben und z. B. bei der Verabreichung von starken Calomeldosen im Darmkanale ganz fehlen. Das Phenol entsteht nach Tappeiner im Verdauungskanale des Rindes überall. Skatol fand er im Pansen, Indol im Dünn- und Dickdarm; das letztere war im Pferdedarme bis incl. im Cöcum zugegen; im Colon trat Skatol an seine Stelle, Indol fehlte. Phenol und Orthokresol sind im ganzen Pferdedickdarm vorhanden; die saure Sumpfgasgährung geht mit Skatol-, die alkalische mit Indolbildung einher (Tappeiner). Die Dickdarmgährung des Pferdes gleicht der Pansen-, nicht der Dickdarmgährung des Rindes.

Der Peptongehalt des Dünndarminhaltes ist wegen der hier bestehenden, lebhaften Resorption ein unbedeutender (0,1—0,4 pCt.); im Dickdarm findet man, abgesehen vom Blinddarm, kein Pepton mehr vor. Der Zuckergehalt ist bei Amylaceennahrung nicht so unbedeutend, wie vielfach angegeben wird; er ist am höchsten im Duodenum und nimmt gegen den Blinddarm gradatim ab; hier findet man selten noch

Zucker; ebenso ist im Colon in der Regel kein Zucker zugegen. Wir fanden beim Schwein in den proximalen Partien des Dünndarms 2,5—3,6 pCt., in den mittleren 1—2 pCt., im Ileum 0,3—0,5 pCt. Zucker in der Darmflüssigkeit. Die absoluten Mengen des im Dünndarm enthaltenen Zuckers betrugen beim Pferd 9—20, beim Schwein 5—7 *g*.

An morphologischen Bestandtheilen findet man bei gemischter Nahrung im Darminhalte: Muskelfasern, gequollenes Bindegewebe, Knochen- und Knorpelreste, elastische Fasern, Epithelien, Fetttropfen, Stärkekörner, Chlorophyllkörner, Pflanzenzellen, Spiralfasern und dergl., Theile von Pflanzengeweben, gefällte Fett- und Gallensäuren, Kalkseifen, Cholestearinkrystalle, Gährungspilze, Fäulnissorganismen u. s. w.

In Bezug auf die procentische Zusammensetzung des Inhaltes der einzelnen Darmabtheilungen fanden wir, dass beim Pferde bei der gewöhnlichen Fütterung der Gehalt an Eiweiss gegen das Rectum hin bedeutend, der der Nfreien Stoffe wenig abnimmt, wogegen der Gehalt an Fasern und an Salzen bedeutend zunimmt. Man fand im Magen 6—8, im Rectum 3 pCt. Eiweiss, im Magen 20—30, im Rectum 30—40 pCt. Faser.

3. **Die Gase im Verdauungsschlauche.** Dieselben stammen entweder (als verschluckte oder aspirirte Luft) von aussen, oder aus dem Blute, oder sie sind Producte der Gährung und Fäulniss der Inhaltsmassen des Verdauungsschlauches. Daraus erklärt es sich, dass O im Magen in erheblichen, im Dünndarm in geringen Mengen und im Dickdarm gar nicht angetroffen wird. Da im Dünn- und Dickdarm lebhafte Diffusion der Gase des Verdauungsschlauches mit dem Blute besteht, so werden die Gase grösstentheils absorbirt und mit der Lungenluft ausgeschieden.

Die Gase im Verdauungsschlauche sind hauptsächlich von Planer, Ruge, Valentin, Wildt, Tappeiner u. A studirt worden. Im Magen (s. o.) findet man gewöhnlich CO_2, N und O; dazu kommen unter Umständen H, was Brücke leugnet, und CH_4 und H_2S. CH_4 findet man bei Pflanzenfressern im ganzen Magendarmschlauche vor, während es beim Menschen und den Fleischfressern und angeblich auch bei Kaninchen (K. B. Hoffmann) nur in sehr geringer Menge zugegen ist oder ganz fehlt (Planer, Ruge); bei Leguminosennahrung, wobei die Gasbildung bedeutend ist, ist auch beim Menschen viel CH_4, aber wenig oder kein H vorhanden. Im Dünndarm trifft man dieselben Gase an, wie im Magen, aber stets und mehr H. Im Dickdarm fehlt O, dagegen ist Ammoniak zugegen; die CO_2 nimmt zu, und bei Fleischgenuss tritt H_2S auf.

Ruge fand im Dickdarm des Menschen bei Ernährung

	mit Milch		mit Leguminosen					mit Fleisch		
	1.	2.	1.	2.	3.	4.	5.	1.	2	3.
CO_2	16,8	9,1	34,0	38,4	21,0	35,4	17,6	13,6	12,5	8,4
N	38,4	36,7	19,1	10,7	19,0	21,8	32,3	46,0	57,9	64,4
CH_4	0,9	—	44,5	49,4	56.0	42,8	50,2	37,4	27,6	26,4
H	43,9	54,2	2,3	1,6	4,0	—	—	3,0	2,1	0,7

Planer fand die Dünndarmgase des Hundes wie folgt zusammengesetzt:

bei Fleischkost . .	40,1 pCt. CO_2	45,5 pCt. N	13,9 pCt. H	0,5 pCt O
» Brodkost . . .	38,8 » CO_2	54,2 » N	6,3 » H	0,7 » O
» Hülsenfrüchten .	47,3 » CO_2	0,4 » N	48,7 » H	— » O

Derselbe fand im Dickdarm:

bei 6 tägiger Fleischkost .	74,19 pCt. CO_2	23,0 pCt. N	0,63 pCt. O	1,41 pCt. H	0,77 pCt. H_2S
bei 4 tägiger Fleischkost .	84,12 » CO_2	13,32 » N	— » O	2,40 » H	Spuren H_2S
bei 4 tägiger Kost von Hülsenfrüchten	65,13 » CO_2	5,9 » N	— » O	28,97 » H	— pCt. H_2S

Die Mastdarmgase des Hundes bestanden nach Ruge aus CO_2 (15—27), N (65—84), H (07,0).

Tappeiner fand im Darm des Menschen bei einer Nahrung aus Suppe, Pfannkuchen, Brod, Wecke, Bier und Käse:

im Magen: CO_2 16,31, O 9,19, H 0,08, CH_4 0,16, N 74,26,
im Ileum: CO_2 28,40, O und N 67,71, H 3,89,
im Dickdarm: CO_2 und SH_2 91,92, H 0,46, CH_4 0,06, N 7,46,
im Rectum: CO_2 36,40, CH_4 0,90, N 62,76.

Er fand bei 4 Schweinen mit Pferdefleischnahrung im Dickdarm:

Kohlensäure und Schwefelwasserstoff: 19,62, 29,74, 32,28, 36,91 bis 36,91,
Wasserstoff: von 0,0, 5,41, 21,78 bis 21,78 (2 Schweine),
Sumpfgas: von 0 und 1,28, 1,10 und einmal 32,71 (3mal wenig),
Stickstoff: 37,92, 47,32, 51,92, 66,62.

Pinner fand im Darm des Pferdes bei gewöhnlicher Ernährung in 100 Vol. 2,34 O, 7,57 CO_2, 44,43 CH_4, 48,58 N.

Tappeiner fand beim Rinde:

im Duodenum . . .	CO_2 (17—62),	H (0,44—4),	CH_4 (37—64),	N (0—29).
» Iejunum	CO_2 (81),	H (0,04),	CH_4 (17),	N (0,71).
» Ileum	CO_2 (92),	H —	CH_4 (6),	N (1,2).
» Dickdarm	CO_2 (36—81),	H (0,36),	CH_4 (17—38),	N (2—23).
» Mastdarm	CO_2 (14),	H —	CH_4 (44),	N (41).

Er fand bei der Ziege:

im Dickdarm	CO_2 (55),	H (0,81),	CH_4 (38),	N (6).
» Mastdarm	CO_2 (12),	H —	CH_4 (37),	N (50).

Bei den Wiederkäuern kommen im Dünndarm viel Gase vor, die aus den Vormägen stammen. Die Dickdarmgährung dieser Thiere unterscheidet sich von der Pansengährung dadurch, dass bei ihr keine Säure entsteht. — Bei Ansäuerung des Dickdarminhaltes sistirt die Bildung von CH_4. Es giebt also eine Sumpfgasgährung mit Säure- (im Pansen) und eine ohne Säurebildung (im Dickdarm der Rinder).

Beim Pferde fand Tappeiner bei Heufütterung:

im Dünndarm, Anfangstheil . CO_2(72)—H_2S—H(19)—N (37).
» » Endtheil . . . CO_2(15)—H_2S—H(24)—N (59).
» Blinddarm . . . $CO_2 + H_2S$(85)—H(2)—CH_4(11)—N (0,9).
» Grimmdarm . . $CO_2 + H_2S$(55)—H(1,7)—CH_4(33)—N (10).
» Mastdarm . . . $CO_2 + H_2S$(29)—H(1)—CH_4(56)—N (13).

Beim Pferde entstehen im Dickdarm Säuren; die Gährung gleicht also der Pansengährung der Wiederkäuer. Bei Körnerzusatz zum Heu ändern sich die Gase wenig. Man fand z. B.:

im Dünndarm . . . CO_2 (11), H (4), N (84), O (0,7).
» Blinddarm . . . CO_2 (75), H (0,38), N (6), CH_4 (17).
» Mastdarm . . . CO_2 (45), H (3), N (12), CH_4 (40).

IV. Die Verdauungs- und sonstigen Vorgänge im Magen und Darmkanale des lebenden Thieres.

Aus den bekannten Wirkungen der Verdauungssäfte und aus der Kenntniss der Beschaffenheit des Inhaltes des Magens und des Darmkanales zu den verschiedenen Zeiten der Verdauung lassen sich ziemlich sichere Schlüsse über die Verdauungsvorgänge und die sonstigen im Verdauungsschlauche ablaufenden Processe ziehen.

Wir haben unsere Studien über die Verdauungsvorgänge wesentlich in der Weise angestellt, dass wir die mit bestimmten Mengen einer ausgewählten Nahrung gefütterten Thiere zu verschiedenen Zeiten nach der Mahlzeit tödten liessen und dann den Inhalt des Verdauungsschlauches auf seine gelösten und ungelösten Bestandtheile untersuchten. Zu unseren Untersuchungen haben wir die landwirthschaftlich wichtigsten Hausthiere, Pferde, Wiederkäuer und Schweine und in jüngster Zeit auch Hunde benutzt.

Die nachstehenden Angaben gründen sich im Wesentlichen auf die Ergebnisse unserer eigenen Untersuchungen. Selbstverständlich werden auch die Resultate der Versuche anderer Forscher Berücksichtigung finden.

1. **Die Mundverdauung.** Wenn wir unter Verdauung fermentative und chemische Vorgänge verstehen, durch welche unlösliche Nährstoffe löslich gemacht werden, dann kann, wenigstens bei unseren Hausthieren und beim Genuss roher Nahrungsmittel, von einer Mundverdauung keine Rede sein. Die Zeit, während welcher die Nahrungsmittel (behufs Zerkleinerung und Einspeichelung) im Munde verweilen, ist eine zu kurze für das Zustandekommen der genannten Vorgänge. Wir fanden in Hafer, Heu, Stroh und Kartoffeln, die den Kauprocess durchgemacht hatten und beim Schlingen aufgefangen worden waren, keine nennenswerthen Mengen von Verdauungsproducten, vor Allem keinen Zucker. Natürlich werden beim Kauen und bei der Einspeichelung lösliche Nährstoffe gelöst, vorher unzugängliche Nährstoffe zugänglich gemacht und dergleichen; es werden überhaupt die Nahrungsmittel für die eigentliche Verdauung vortheilhaft vorbereitet. Beim Menschen findet bei Aufnahme gekochter, stärkemehlhaltiger Nahrungsmittel schon im Munde Saccharification statt.

2. **Die Magenverdauung.** I. Der Vorgang der Verdauung. Die Magenverdauung ist ein sehr complicirter Act, sie umfasst als Vorgänge z. B. die vollständige Durchfeuchtung der Nahrungsmittel, ihre Durchtränkung mit Magensaft, die Lösung der löslichen und zugänglichen Stoffe, die Verwandlung der Eiweisssubstanzen in Syntonin, Propepton, Pepton, die der Kohlehydrate in Dextrin, Zucker, Milchsäure u. s. w. Die Schnelligkeit und Ausgiebigkeit der Magenverdauung hängt ab von den physicalischen Eigenthümlichkeiten der Nahrung, von ihrem Volumen, von ihrer Zubereitungsart und Form, von der Aussentemperatur, vom

Zustande des Thieres (ob es ruht, ob es sich bewegt u. s. w.), von der Getränkaufnahme, von etwaiger Zugabe von Gewürzen, von dem Kauact und dergleichen.

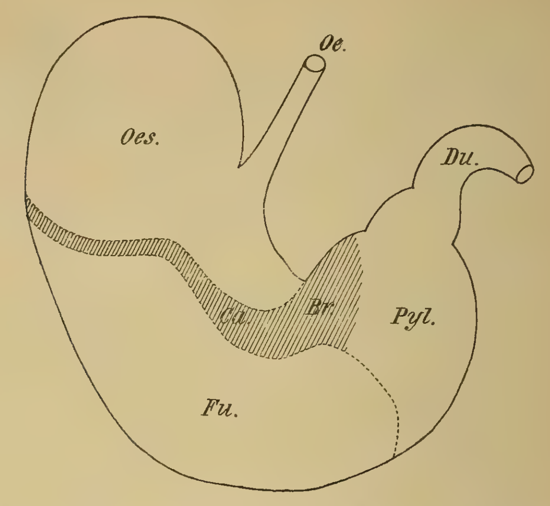


Fig. 77. Regionen des Magens des Pferdes (schematisch).
Oe. Oesophagus, *Oes.* Portio ösophagea, *Ca.* Portio cardica, *Fu.* Fundus, *Pyl.* Pylorus, *Br.* Verbindungsbrücke zwischen der Cardiadrüsen- und der Pylorusregion. *Du.* Duodenum.

Den Ablauf der Magenverdauung kann man sich auf Grund der Resultate unserer Versuche wie folgt darstellen:

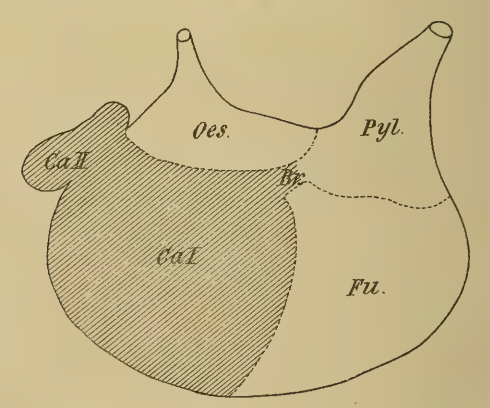


Fig. 78. Regionen des Magens des Schweines.
Bezeichnungen wie in Fig. 77. Es sind 2 Cardiaabtheilungen *Ca I* und *Ca II* vorhanden.

A. **Bei Pferden und Schweinen.** α) Die Verdauung von stärkemehlhaltigen Nahrungsmitteln (z. B. Körnern) läuft bei Pferden und Schweinen in zwei bis drei selbst vier Perioden, und zwar in folgender Weise ab:

a) Während der Mahlzeit und 1—2 Stunden nach derselben findet wesentlich nur die Verdauung der Stärke statt. Diese wird in lösliche Stärke, Dextrin und Zucker umgewandelt. Sofort beginnt auch sehr lebhaft die theilweise Umwandlung dieser Produkte in Milchsäure, die Milchsäuregährung. Dass eine Durchfeuchtung, Erweichung, Quellung der Nahrungsmittel und Lösung des in denselben vorhandenen und zugänglich werdenden Löslichen vor sich geht, ist selbstverständlich. In den späteren Zeiten dieser Periode werden auch Eiweisskörper löslich gemacht, wenn auch nicht oder nur wenig peptonisirt

Die Lösung der leicht umwandlungsfähigen pflanzlichen Albuminate ist unter den vorliegenden Verhältnissen (der Gegenwart bedeutender Milchsäuremengen und gewisser Mikroorganismen) wohl erklärlich; dass sie thatsächlich stattfindet, beweisen unsere Untersuchungen der filtrirten Magenflüssigkeit. Dieselbe enthält stets nicht unbedeutende Mengen löslicher Eiweisskörper; diese können unmöglich nur dem Speichel und dem Magensaft entstammen; ebenso wenig finden sie sich in dem Hafer resp. in dessen Extrakten. Demnach müssen dieselben auf dem Wege der Umwandlung unlöslicher Eiweisskörper in lösliche entstanden sein.

Die in vorstehenden Zeilen geschilderte erste Periode der Verdauung, welche wir die amylolytische nennen, wird wesentlich bewirkt durch den beim Kauen secernirten und abgeschluckten Speichel. Dieser kann seine Wirkung im Magen, weil zu dieser Zeit daselbst wenig freie Salzsäure zugegen ist, unbehindert entfalten. Die Amylolyse wird aber ausser durch den Speichel auch noch durch andere Momente bewirkt. Unsere Versuche haben ergeben, dass 1. in der Luft, die bei der Futteraufnahme in den Magen gelangt, ein Pilz enthalten ist, welcher das Vermögen besitzt, Stärke in derselben Weise umzuändern, wie es durch das diastatische Ferment geschieht und dass 2. der Hafer ein diastatisches Ferment enthält, welches bei Zusatz von Wasser (am besten bei 60—70 pCt. Wasser) und einer Temperatur von 35—40° und darüber die Stärke des Hafers lebhaft in Dextrin und Zucker überführt und dass dieses Ferment auch in Gegenwart von Milchsäure wirkt.

Diese beiden Fermente, das Luft- und namentlich das Nahrungsmittelferment, wirken, wie dies unsere Versuche zweifellos darthun, bei der Magenverdauung erheblich mit.

Dazu kommt, dass die Schleimhaut der Cardiadrüsenabtheilungen des Magens des Pferdes und Schweines ein diastatisches Ferment producirt.

Die Thatsache der amylolytischen Vorgänge im Magen haben wir bewiesen, einmal durch den Nachweis des Vorhandenseins bedeutender Zuckermengen im Magen, dann durch den Nachweis des Fehlens einer bedeutenden Menge der aufgenommenen Stärke, endlich durch die Thatsache, dass die dem Magen entnommene Flüssigkeit auf Kleister lebhaft verzuckernd einwirkt. Die Stärkeverdauung geht in der ersten Zeit der Verdauung (1—2 Stunden) am lebhaftesten und im ganzen Magen vor sich, dann nimmt sie, erst in den rechts und ventral (darmwärts) und dann auch in den links und dorsal (schlundwärts) ge-

legenen Magenregionen ab und sistirt in der 3. oder 4. Periode wahrscheinlich gänzlich. Ueber die Zeit des Aufhörens der Zuckerbildung entscheidet Quantität und Qualität der Nahrung. Nach einer sehr reichlichen Mahlzeit dauert die Zuckerbildung sehr lange, findet aber anfangs auch weniger intensiv statt. Die lange Dauer ist dadurch bedingt, dass bei bedeutendem Mageninhalt, der bekanntlich beim Pferde mindestens zu zwei Drittel aus alkalischem Speichel besteht, eine lange Zeit verstreicht, ehe so viel Säure secernirt ist, um eine derartige Concentration derselben im Mageninhalt zu bedingen, welche die Zuckerbildung hindert. Diese stärkeren Säureconcentrationen kommen Anfangs immer nur partiell in der Nähe der Magenwände und zwar in der Belagzellregion vor und bedingen dort kräftige Eiweissverdauung.

Bekanntlich betrachtete die neuere Physiologie den Magen nur als das Organ der Eiweissverdauung, weil angenommen wurde, dass die Säuren im Magen die Verdauung der Stärke entweder gar nicht zuliessen oder sie wenigstens so hemmten, dass derselben keine Bedeutung zukomme.

Erst durch unsere Versuche ist auf exactem Wege der Beweis geliefert worden, dass ein nicht unbedeutender Theil der Kohlehydrate im Magen verdaut wird und dass die Pepsinverdauung erst mehrere Stunden nach der Nahrungsaufnahme ihre Höhe erreicht.

Wir wissen sehr wohl, dass schon vor unseren Versuchen die Vermuthung, dass im Magen in den ersten Verdauungsstunden Amylolyse bestehe, ausgesprochen worden ist (v. d. Velden, Leube, Uffelmann etc.); uns ist aber auch ebenso bekannt, dass von keiner Seite ein exacter Beweis für die Richtigkeit dieser Vermuthung erbracht worden ist. Die Amylolyse ist bei gründlichem Kauen trockener Nahrungsmittel bedeutender und länger dauernd als bei Aufnahme wasserreicher, weicher Nahrungsmittel, die wenig gekaut und wenig eingespeichelt werden.

b) Nach der amylolytischen Verdauungsperiode, welche, wie angegeben, 1—2—3 Stunden, und wenn wir die Dauer der Mahlzeit, die etwa auf $^1/_2$—1 Stunde zu schätzen ist, mitrechnen, 2—3—4 Stunden beträgt, folgt die zweite Periode. In dieser währt die Amylolyse in dem Cardiasack des Schweines und dem Schlundsack des Pferdes (resp. in den dorsal gelegenen Partien des Magens) noch lange Zeit fort, während in den tiefer und dem Pylorus näher liegenden Partien (der Fundusdrüsen- und Pylorusregion) die Verdauung allmählich in die rein proteolytische Periode übergeht. Die zweite Verdauungsperiode ist also eine Periode der gemischten, der proteo- und amylolytischen Verdauung. In den Cardia- und Schlundsäcken bestehen Amylolyse und Proteolyse nebeneinander, in der Funduspyloruspartie dagegen, wenigstens in der späteren Zeit, nur Proteolyse.

Der Milchsäuregehalt ist in den Cardiasäcken ein so bedeutender geworden, dass die Lösung der Eiweisskörper sowohl durch das hierher gelangte Pepsin, als durch das peptische Speichelferment, als auch durch Microorganismen statthaben kann. Das dadurch bedingte Entstehen der Peptone ist günstig für die Zuckerbildung (s. vorn).

In Bezug auf die in der zweiten Verdauungsperiode ablaufende Proteolyse ergeben unsere Versuche, dass in den späteren Verdauungsstunden in der Cardiahöhle mehr gelöste Eiweisskörper und zuweilen auch mehr Peptone vorhanden sind als in der Pylorushälfte, trotzdem in letzterer doch bedeutend mehr Eiweiss gelöst wird als in ersterer. Diese Thatsache erklärt sich daraus, dass die Schleimhaut des Pylorustheils stärker resorbirt als die der Cardiasäcke, und dass die peptonhaltigen Flüssigkeiten durch den Pylorus zum Theil nach dem Duodenum abfliessen.

Unsere Versuche beweisen, dass in dem Mageninhalte viele Stunden lang ein scharfer Unterschied zwischen dem Inhalte der Schlund- und dem der Pylorushälfte des Magens bestehen bleibt; die erstere enthält fast nur Milchsäure, die letztere neben Milchsäure reichlich Salzsäure; in der ersteren läuft wesentlich die Amylolyse, in der letzteren wesentlich die Proteolyse ab, in der ersteren finden Gährungen statt. in der letzteren sistiren diese bald u. s. w.

Die Dauer der zweiten Verdauungsperiode richtet sich nach der Art und der Menge der Nahrung und anderen Umständen. Sie beginnt ungefähr in der 3. Verdauungsstunde und scheint etwa bis zur 9., selbst bis zur 12., anzuhalten. — Wenn der Mageninhalt zufällig sehr viel Flüssigkeit enthält, dann verschwinden die Unterschiede zwischen den Vorgängen in den einzelnen Magenabtheilungen mehr oder weniger.

Darüber, wie rasch eine erhebliche Peptonisirung erfolgt und wann sie ihren Höhepunkt erreicht, entscheidet die Quantität und Qualität der Nahrung. Nach einer reichlichen Mahlzeit ist die Peptonisirung Anfangs sehr unbedeutend, weil die Magendrüsen nicht genügend Säure und Pepsin für die grosse Menge Mageninhalt zu liefern vermögen; deshalb wird auch der Höhepunkt der Peptonisirung erst spät erreicht. Folgt in diesem Falle bald eine neue Mahlzeit nach, dann werden die Nahrungsmittel in wenig verdautem Zustande nach dem Darme geschafft. Bei einer mässigen Mahlzeit ist die Verdauung nach 3—4 Stunden auf dem Höhepunkte; bei reichlicherer Mahlzeit tritt dies erst nach 6 bis 8 Stunden, bei Ueberladungen noch viel später ein.

c) Der Periode der gemischten Verdauung muss naturgemäss die der reinen Proteolyse mit Sistiren der Amylolyse folgen. Diese Verdauungsperiode tritt bei Fütterungen mit gewissen Nahrungsmitteln sicherlich ein. Ob dies aber auch bei trockener Körnerfütterung der Fall ist, erscheint uns noch zweifelhaft. Bei dieser scheint erst nach 12—16 Stunden, d. h. nach einer Zeit, welche normaliter nicht zwischen zwei Mahlzeiten liegt, eine derartige Durchmischung des Mageninhalts vorzukommen, bei welcher auch in der Cardiahöhle solche Mengen von Salzsäure zugegen sind, dass sie die Amylolyse hindern. Es ist nach unseren Versuchen ganz zweifellos, dass schon in der zweiten Verdauungsperiode im ganzen Magen Proteolyse abläuft. Es steht aber ebenso zweifellos fest, dass während der ersten Zeit dieser Periode

noch bedeutende Amylolyse im Cardiasack statthat und dass dieselbe auch in den späteren Zeiten wenigstens noch statthaben kann und in geringerem Maasse auch noch stattfindet. Die Flüssigkeit, welche sich im Cardiasack befindet, besitzt selbst in der 12. Verdauungsstunde noch das Vermögen, amylolytisch zu wirken und Kleister in Dextrin und Zucker überzuführen, während diese Fähigkeit der Flüssigkeit in der Pylorusfundusabtheilung oft schon von der 2. Verdauungsstunde an abgeht. In der 12. Verdauungsstunde dürfte ungefähr die Grenze der gemischten Periode gegeben sein, weil die Cardiaflüssigkeit in dieser Stunde schon so viel Säure und Pepsin enthält, dass sie frisches, noch nicht angegriffenes Fibrin löst und peptonisirt. Eine kurze Zeit später dürfte das amylolytische Vermögen erloschen sein. Bei knapperer Mahlzeit, geringerer Speichelsecretion etc. tritt natürlich das Stadium der reinen Proteolyse früher ein.

Die lange Andauer der Amylolyse erklärt sich zum Theil daraus, dass die im Magen enthaltenen Eiweisskörper viel Säure binden. Dadurch wirken sie wie ein Schild für das amylolytische Ferment. Dieses kann noch auf Stärke einwirken, trotzdem schon so viel Säure zugegen ist, dass der Peptonisirungsvorgang ablaufen kann. Die gebundene Säure, die das Peptonisiren zum Theil ermöglicht, hat keinen nachtheiligen Einfluss auf das diastatische Ferment.

Anstatt der drei Perioden kann man auch vier Perioden unterscheiden und zwar: 1. eine rein amylolytische, die nur während und ganz kurze Zeit nach der Mahlzeit besteht und in welcher schon die Milchsäuregährung stattfindet; 2. eine vorwiegend amylolytische, in welcher aber auch schon Proteolyse statthat und die Milchsäuremenge bedeutend gestiegen ist. Nur nahe der Fundusschleimhaut sistirt die Amylolyse; 3. die gemischte Periode mit Amylolyse und Proteolyse linkerseits, nur Proteolyse im Fundus, Proteolyse und wenig Amylolyse im Pylorus; 4. die Periode der reinen Proteolyse.

Die geschilderten Verdauungsperioden gehen allmählich in einander über. Da zu Beginn einer Mahlzeit in der Regel noch Reste der früheren Mahlzeit im Magen vorhanden sind, so laufen in der rechten Magenabtheilung während der neuen Mahlzeit noch die Vorgänge der proteolytischen Periode der früheren Verdauung ab, während cardiawärts die Amylolyse, die erste Periode der neuen Verdauung, beginnt.

Nach Obigem ist es klar, dass jedes gut gekaute, und mit viel Speichel abgeschluckte Futter die amylolytische Periode durchmacht und dass die Verdauung bei Pferden und Schweinen ganz anders abläuft als bei Hunden (Brücke) und Kaninchen. Das zuerst Genossene, welches von dem Nachrückenden rasch nach hinten geschoben wird, durchläuft diese Periode in dem dem Pylorus zuliegenden Theile, bis sich dort allmählich genug Salzsäure ansammelt um die Amylolyse zu hindern. Das zuletzt Genossene unterliegt der Amylolyse nur in der Cardiahöhle, in welcher es längere Zeit verweilt. Beim Vorrücken dieser Massen in die Pylorushälfte, welches ja erst spät geschieht, findet sich dort schon so viel Salzsäure, dass die Amylolyse sofort sistirt.

Die vorstehende Schilderung der Magenverdauung bezieht sich auf die Verdauungsvorgänge des Pferdes bei reiner Körner- oder einer

Körner-, Häcksel-, Heunahrung, und auf die des Schweines bei Fütterung mit Körnern oder mit Kartoffeln.

β) Anders liegen die Verhältnisse bei Fleischnahrung. Bei reiner Fleischnahrung fehlt selbstverständlich die Amylolyse im Magen und ist der Milchsäuregehalt ein geringer; immerhin ist stets Milchsäure zugegen. Die entgegengesetzte Anschauung, dass bei normaler Verdauung keine Milchsäure im Magen angetroffen werde, ist unrichtig. Die Verdauung des Fleisches bei den Pferden geschieht langsam und unvollkommen, das Fleisch ist schwerer verdaulich als die pflanzlichen Eiweisskörper.

Colin fand bei einem Pferde, das 1000 *g* Fleisch erhalten hatte, nach 20 Stunden noch 818 *g* im Coecum, bei einem anderen, das 8 Fleischstücke à 20 *g* erhielt, nach 24 Stunden alle acht im Coecum, jedes 13—20 *g* schwer; von 6 Fleischstücken fand er nach 30 Stunden vier im Koth. Die Ursache dieser schlechten Ausnutzung des Fleisches durch Pferde, liegt in der kurzen Zeit des Verweilens desselben im Magen. Selbst ganze Frösche, die längere Zeit im Pferdemagen blieben, wurden vollständig verdaut. Fleischmehl nutzen die Pferde gut aus (V. Hofmeister u. A.).

Ueber die Fleischverdauung bei den Schweinen haben wir eine Anzahl von Versuchen gemacht und dabei constatirt, dass das Fleisch von den Schweinen gut, aber etwas langsamer verdaut wird als von den Hunden.

Von dem Trockenrückstand von 500 *g* gekochtem und fein zerkleinertem Fleische, welche von den Versuchsschweinen genossen wurden, waren aus dem Magen verschwunden:

1 Stunde	nach	der	Mahlzeit	21,7	pCt
2 Stunden	»	»	»	31,1	»
4 »	»	»	»	40,2	»
5 »	»	»	»	49,5	»
8 »	»	»	»	85,3	»
12 »	»	»	»	88,7	»

Von dem mit dem Fleisch aufgenommenen Eiweiss waren aus dem Magen verschwunden nach 1 Stunde 9,5 pCt., nach 2 Stunden 27,7 pCt., nach 4 Stunden 32,3 pCt., nach 5 Stunden 40,0 pCt., nach 8 Stunden 83,0 pCt., nach 12 Stunden 87,8 pCt. 12 Stunden nach der Mahlzeit enthielt der Magen noch $^1/_4$ *l* Inhalt, aber nur noch 11,3 pCt. von dem aufgenommenen Fleische. 5—6 Stunden nach der Mahlzeit findet man beim Schweine noch ca. die Hälfte des aufgenommenen Fleisches im Magen, während im Hundemagen nach 6 Stunden nur noch $^1/_3$ des genossenen Fleisches vorhanden ist.

Bei der Fütterung mit Fleisch fällt natürlich die Eintheilung der Verdauung in die genannten Perioden weg. Immerhin läuft anfangs die Verdauung im Fundus und Pylorus bedeutend lebhafter ab als cardiawärts. In der Cardiahälfte ist die Säuremenge bis zur 8. Verdauungsstunde eine viel geringere als in der Funduspylorushälfte (s. vorn).

B. **Die Verdauung der Carnivoren.** Darüber, ob die Magenverdauung der Fleischfresser auch in Perioden und mit regionären Verschieden heiten erfolgt, liegen keine Versuche vor. Allerdings berichtet ein Beobachter, dass er die links und dorsal im Magen vorhandenen

Fleischstücke weniger verdaut gefunden hat als die rechts und ventral liegenden. Die Magenverdauung des Hundes muss sich schon deshalb von der des Pferdes und Schweines unterscheiden, weil beim Fressen des Hundes nur wenig Speichel in den Magen kommt und weil die Hunde bei der Nahrungsaufnahme wenig trinken. Die Ausschaltung sämmtlicher Speicheldrüsen beeinflusst die Verdauungsvorgänge des Hundes in keiner Weise.

Die Magenverdauung des Hundes ist eine sehr lebhafte und ausgiebige; der Hundemagen soll in 2 Stunden ebensoviel Fleisch verdauen wie der menschliche Magen in 5 Stunden. Die Magenverdauung beginnt während des Fressens; sie steigt bei Fleischnahrung bis zur 3. Stunde an, sinkt dann langsam bis zur 9. Stunde und ist in der 12. Stunde etwa beendet (Schmidt-Mühlheim). So ist es bei der Aufnahme von mittleren Quantitäten zerkleinerten Fleisches. Die Hunde verschlingen aber oft enorme Mengen Fleisch, oft $^1/_5$—$^1/_4$ ihres Eigengewichtes;

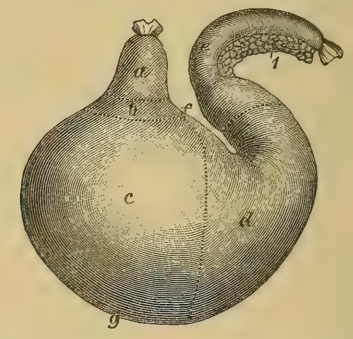


Fig. 79. Magen des Hundes. Aufgeblasen.
a Schlund, *b* Cardiadrüsenabtheilung, *c* Fundusdrüsenregion, *d* Pylorusdrüsenregion. *e* Duodenum.

unter solchen Umständen läuft die Verdauung natürlich langsam ab und dauert erheblich länger.

Ueber die Verdauungszeiten seien folgende Angaben gemacht: flüssiges, in den Magen gebrachtes Eiweiss war nach 3 Stunden noch theilweise unverdaut; gekochtes Eiweiss war nach 4 Stunden im Innern noch nicht erweicht; Fibrin wurde in dieser Zeit gelöst, aber noch nicht ganz peptonisirt; Leim war nach 5 Stunden kaum verändert; Milch war nach 4 Stunden noch nicht verdaut. Es erhellt daraus, dass die Verdauung nicht so schnell abläuft, als man früher glaubte. Schmidt-Mühlheim macht auf Grund exacter und einwurfsfreier Versuche über die vorschreitende Verdauung von gekochtem und zerkleinertem, von allem löslichen Eiweiss befreiten Fleische folgende Angaben:

1 Stunde nach der Mahlzeit waren noch $^9/_{10}$, nach 2 Stunden noch $^5/_8$, nach 6 Stunden noch $^1/_3$, nach 9 Stunden $^1/_8$ des genossenen Fleisches im Magen vorhanden. Erst nach 12 Stunden war die Verdauung des aufgenommenen Fleisches beendet. Von dem in dem verdauten Fleische aufgenommenen Eiweisse waren verschwunden nach 1 Stunde 9,0 pCt., nach 2 Stunden 41,3 pCt., nach 4 Stunden 52,4 pCt., nach 6 Stunden 64,3 pCt., nach 9 Stunden 80 pCt., nach 12 Stunden 99,6 pCt. — Ausser

dem ungelösten Eiweiss fand man im Magen stets 2—5 *g* Pepton und gelöste Eiweisskörper (s. vorn), und zwar in den ersten 4 Stunden 2—2,9, in der 6. Stunde 5 und später 2,9—3,5 *g*. Wird Fleisch nicht zerkleinert, sondern in Stücken gegeben, dann schreitet die Lösung der Stücke stets allmählich von aussen nach innen vor; die äusseren Schichten erweichen, werden schmierig u. s. w. Dabei zerfallen die Muskeln in Fasern, weil zuerst das Bindegewebe gelöst wird; dann werden die ersteren z. Th. in Scheiben und z. Th. in Fibrillen und schliesslich in eine körnige Masse verwandelt.

Die Verdauung des in Stücken gegebenen Fleisches beobachtete Cooper: Gab er das Fleisch in langen, dünnen Schnitten, dann fand er es nach 1 Stunde zu 10 pCt. nach 2 Stunden zu 20 pCt., nach 3 Stunden zu 98 pCt., nach 4 Stunden zu 100 pCt. verdaut; gab er es in Würfeln, dann war es nach 4 Stunden nur zu 36 pCt. verdaut u. s. w.

Von Carne pura (50 *g*) hatten nach 30 Minuten schon $^1/_6$ (7—$8^1/_2$ *g*), nach 1 Stunde fast die Hälfte (22,63), nach 2 Stunden etwas über die Hälfte (26,18 *g*) den Magen verlassen, während die Flüssigkeitsmenge im Magen andauernd gestiegen war (Cahn).

Bei Reisfütterung waren bei Aufnahme von 86 *g* Stärke aus dem Magen verschwunden: nach 1 Stunde 8,4 pCt., nach 2 Stunden 25 pCt., nach 3 Stunden 50 pCt., nach 4 Stunden 82 pCt., nach 6 Stunden 91 pCt., nach 8 Stunden 99 pCt., nach 10 Stunden 100 pCt. (V. Hofmeister).

Die Verdauungszeit ist also nicht nur nach der Art der Nahrung, sondern auch danach verschieden, in welcher Form das Nahrungsmittel genossen wird. So ist auch gekochte Leber, Niere, Parotis viel schwerer, gekochte Sehnen und elastisches Gewebe viel leichter verdaulich als die betreffenden rohen Stoffe. Auch die Fleischarten sind verschieden verdaulich, es folgen aufsteigend Schweine-, Schaf-, Kalb-, Rindfleisch, Fleisch älterer Thiere (Astley Cooper); noch schwerer verdaulich sind die Haut, Sehnen, Knorpel, Knochen. Fettes Fleisch ist schwerer verdaulich als mageres. Ueber den Unterschied zwischen der Verdaulichkeit des gekochten und der des rohen Fleisches gehen die Angaben erheblich auseinander. Die collagenen Substanzen sollen vorwiegend im Magen, die echten Eiweisskörper vorwiegend im Darm verdaut werden (Bikfalvi). In 2 Stunden wurden 25 pCt. vom Casein, 41 pCt. von gekochtem Eiweiss, 52 pCt. Leber, 79 pCt. von Fleisch und 95—99 pCt. von Fibrin, Sehnen und Lungen verdaut. Das Fett bleibt im Magen im Wesentlichen unverdaut (Frerichs, Blondlot u. A.). Es bleibt aber sehr lange im Magen. Zawilsky fand von 159 *g* verabreichtem Fett nach 4 Stunden noch $108^1/_2$, nach $5^3/_4$ noch 98,8, nach $21^3/_4$ Stunden noch 9,7, nach 30 Stunden noch 0,049 *g* im Magen und dabei immer nur 6—10 *g* im Darm. Es scheint also, dass der Darm und nicht der Magen über den Uebertritt von Fett aus dem Magen entscheidet.

Von 249 *g* verabreichter Milch fand man nach 4 Stunden noch 13 *g* Käse und 15 *g* Flüssigkeit im Magen vor. Die Milch coagulirt zunächst derart, dass das Fett in den Coagula eingeschlossen ist. Hernach werden die Coagula gelöst und das Fett wird frei.

Bei einer Mahlzeit von Reis und Kartoffeln fand man die Nahrung nach 5 Stunden theils erweicht, theils verflüssigt. Kartoffelbrei war nach 5 Stunden vollständig verschwunden, während noch Kartoffelstücke zugegen waren. — Knochen zerfallen von der Oberfläche aus, indem die leimgebenden Theile gelöst werden; die Kalksalze bleiben unverdaut und scheinen durch Reizung die Magensecretion anzuregen. Gummi und Rohrzucker und vielleicht auch Milchzucker werden zu Traubenzucker (Uffelmann und Leube gegen Frerichs und Gorup-Besanez). Brod

erweicht von der Oberfläche aus, nach 3 Stunden ist dasselbe nur wenig, nach 4 Stunden sehr stark, nach 5—6 Stunden fast ganz verdaut (Frerichs).

Bei unseren Versuchen gaben wir den Hunden 115 *g* leicht gekochten Reis, welcher frei von Zucker war. Der Mageninhalt wurde verschiedene Stunden nach dem Fressen untersucht; der im Magen noch vorhandene Reis zeigte sich wenig verändert. Die Verdauung desselben scheint im Wesentlichen im Darmkanale stattzufinden. Wir fanden im Magen keinen Zucker, wohl aber Dextrin und Amidulin. Offenbar ist im Hundemagen schon gleich nach dem Fressen so viel HCl vorhanden, dass der Saccharificationsprocess nicht stattfinden kann. Dazu kommt noch, dass der Hund beim Fressen sehr wenig Speichel abschluckt und dass er die pflanzlichen Stoffe nicht roh, sondern gekocht aufnimmt, so dass auch das in der Nahrung enthaltene Ferment nicht wirken kann, weil es beim Kochen zerstört wird.

Die Verdauung der Katze gleicht der des Hundes. Nach 4 Stunden fand man verabreichtes Fleisch nur oberflächlich, nach $6^1/_2$—$7^1/_2$ Stunden zu $^3/_4$, nach 10 Stunden fast ganz verdaut.

Natürlich wird nicht alles Eiweiss, welches in den Magen gelangt, peptonisirt und nicht alle Stärke saccharificirt. Dazu ist die Zeit, welche die Nahrungsmittel im Magen verweilen, zu kurz und die Menge der bei einer Mahlzeit in den Magen aufgenommenen Stoffe zu gross. Auch wird ein Theil derselben dem Magensaft gar nicht zugänglich und bleibt unangegriffen. Mithin tritt ein mehr oder weniger bedeutender Theil der Nahrungsmittel unverdaut in den Darmkanal über.

Es sei an dieser Stelle noch betont, dass Körperbewegungen die Verdauung stets erheblich (um ca. 5 Stunden) verlangsamen (Goldschmidt, J. Cohn) und dass nach Dastre in den Magen eingeführte Galle die Verdauung nicht stört, dass sich die Gallenwirkung im Magen also anders verhält als ausserhalb des Organismus.

Bei fieberhaften und anämischen Krankheiten, bei nervösen Aufregungen findet die Magenverdauung nur mangelhaft statt, weil der Magensaft in zu geringer Menge, oder qualitativ abnorm secernirt wird.

Die Verdauung des Pferdes bietet einige Besonderheiten; diese bestehen in einem gründlichen, langsamen Kauen, in einer sehr starken Einspeichelung, in einer schnellen Magenverdauung, in einem ungemein schnellen Passiren aufgenommener Flüssigkeiten durch den Magen und Dünndarm nach dem Dickdarm und im Eintrocknen des Darminhaltes im Dickdarm zu einem festen Kothe.

Gährungsprocesse. — In dem Magen laufen ausser den eigentlichen Verdauungsvorgängen noch besondere Gährungsprocesse ab. Die Möglichkeit für den Eintritt und den Ablauf derselben ist gegeben, weil die Salzsäuremengen in den ersten Stunden der Verdauung und in dem dorsal gelegenen Schlundsacke des Pferdes und dem Cardiasacke des Schweins nur ganz unbedeutende sind und demnach nicht gährungshemmend wirken können. Eine schon erwähnte Gährung, die im Magen in sehr bedeutendem Maasse stattfindet, ist die durch das, z. Th. der Luft, z. Th. der Nahrung, z. Th. der Magenschleimhaut entstammende Milchsäureferment veranlasste Milchsäuregährung. Sofort nach der Lösung der Kohlehydrate geht ein bedeutender Theil derselben in Milchsäure über. Die Alcohol-Essigsäure- und Buttersäuregährung ist von keinem grossen Belang. Tappeiner hat zuerst auf die linkerseits im Magen auftretenden Gährungen aufmerksam gemacht

und auf die dort vielleicht erfolgende Celluloselösung hingewiesen. Tappeiner hat Sumpfgas in dem Magen nachgewiesen und andererseits festgestellt, dass sich aus Cellulose Sumpfgas bildet. Er glaubt deshalb, dass das Sumpfgas im Magen den Gährungen der Cellulose, die im Schlundsacke des Magens ablaufen sollen, entstammt.

Wir glauben nicht, dass bedeutende Mengen Cellulose im Pferdemagen gelöst werden können. Dazu ist denn doch die Aufenthaltszeit der Futtermassen eine zu geringe. Immerhin finden zweifellos im Pferdemagen, und zwar besonders im Schlundsacke, Gährungsprocesse statt, welche auf die Cellulose möglicher Weise einen geringen Einfluss ausüben. Ausnahmsweise können hier Futtertheile, z. B. Heuklumpen trotz neuer Mahlzeiten längere Zeit, z. B. 24 Stunden, liegen bleiben. In dieser Zeit könnte etwas Cellulose gelöst werden. — Im Hundemagen finden die Gährungen in viel geringerem Maasse statt als im Pferde- und Schweinemagen.

Von den im Magen vorkommenden Gasen (s. vorn) entstammen der Sauerstoff und Stickstoff der abgeschluckten Luft. Die CO_2 kommt z. Th. aus dem Blute und z. Th. aus dem Speichel; grösstentheils aber ist sie ein Gährungsproduct (Alcohol-, Buttersäuregährung u. s. w.). Ueber die chemischen Vorgänge bei den Gährungen s. vorn S. 762.

C. **Die Magenverdauung der Wiederkäuer.** Dieselbe findet z. Th. in den Vormägen, die bis zu einem gewissen Grade der Portio ösophagea des Pferdemagens entsprechen und z. Th. in dem wirklichen Magen, dem Labmagen, statt.

Wir haben die Magenverdauung der Wiederkäuer noch nicht so speciell studirt, wie dies beim Pferd und Schwein geschehen ist. Wohl haben wir bei 5 Schafen Verdauungsversuche angestellt; wir sind dabei aber auf besondere Schwierigkeiten gestossen, die wir zunächst nicht zu überwinden vermochten. Nur Folgendes haben wir bis jetzt beobachtet: In Pansen und Haube werden bedeutende Mengen der N-freien Substanzen (namentlich Stärke und Cellulose) gelöst resp. verdaut. In Folge der dort herrschenden Gährungsvorgänge wird der dabei entstehende Zucker sofort weiter verändert. — In diesen beiden Vormägen findet auch schon eine Eiweissverdauung, wenn auch in geringem Grade, statt. Dieselbe ist vielleicht eine Wirkung der in dem Hafer enthaltenen Fermente, vielleicht auch eine Folge der im Pansen ablaufenden Gährungs- und Zersetzungsvorgänge. Im Pansen entsteht schon etwas Pepton. Rohrzucker wird invertirt. — Der dritte Magen leistet wesentlich mechanische Arbeit; er zerkleinert und zerreibt das empfangene Material und presst einen Theil der Flüssigkeit aus demselben. Der vierte Magen verdaut im Wesentlichen Eiweisskörper, aber Anfangs auch noch Stärke. In den ersten Stunden nach der Mahlzeit wirkte sein Inhalt noch diastatisch, später nicht mehr. Demnach zerfällt auch die Labmagenverdauung in Perioden, wenn auch die Vormägen die amylolytische Periode einmagiger Thiere wesentlich übernehmen.

Im Pansen des Schafes wird aber auch Cellulose verdaut; mindestens wird die Cellulose nach den Ergebnissen unserer neuesten Untersuchungen durch die Pansenflüssigkeit soweit verändert, erweicht, macerirt, dass sie alsdann im Darm gelöst und verdaut werden kann.

I. Die Functionen des Pansens. Dem Pansen schreibt man folgende Verrichtungen zu: 1. mechanische Zerkleinerung der Nahrungs-

mittel durch die Bewegung der Wände (namentlich der Pfeiler) und durch die Papillen der Pansenschleimhaut. 2. Durchmischung der Nahrung untereinander und mit Flüssigkeiten (Wasser, Speichel). 3. Maceration und Erweichung des Inhaltes. 4. Verdauung von Kohlehydraten. 5. Vorverdauung und vielleicht volle Verdauung von Cellulose. 6. Zersetzung von Eiweiss. 7. Gährung und Gaserzeugung. 8. Lösung des Löslichen. 9. Mitwirkung bei der Rumination.

Die Kohlehydratverdauung ist bedeutend; sie findet wesentlich unter der Einwirkung von Luft- und Nahrungsfermenten, die sich z. Th. im Pansen vermehren, statt. Reine Stärke wird wenig verdaut, Hafer sehr lebhaft; dies beweist die Wichtigkeit der Nahrungsfermente (Ellenberger und Hofmeister). — Die im Pansen ablaufenden Gährungsprocesse, die durch Spaltpilze angeregt werden, führen zu sehr lebhafter Gasentwickelung; die Gase werden grösstentheils durch Rülpsen entfernt. — Die Eiweissverdauung findet sehr langsam statt, sie erfolgt unter dem Einfluss a) eines in der Nahrung enthaltenen proteolytischen Fermentes (Ellenberger und Hofmeister), b) durch besondere Spaltpilze und c) durch die Fäulnissbacterien.

II. Die Haube hat wohl, abgesehen von ihren motorischen Verrichtungen (s. vorn), dieselben Functionen wie der Pansen. Ausserdem regelt sie den Uebertritt des Panseninhaltes in den dritten Magen und in den Schlund.

III. Der Psalter lässt nur gut zerkleinerte Stoffe in den Labmagen eintreten; seine engen mit gutem Verschluss versehenen Oeffnungen hindern den Durchtritt grober Massen. Ausserdem hat aber der Psalter auch die Function, die Nahrungsmittel mechanisch zu zerkleinern, sie zu zerreissen und zu mahlen. Dies habe ich durch zahlreiche Untersuchungen nachgewiesen. Er stellt eine Art Kaumagen dar. Ueber die dabei in Betracht kommenden Bewegungen s. vorn. Weiterhin trocknet er seinen Inhalt bis auf 60—70 pCt. Wassergehalt ein. Die aus seinem Inhalte ausgepressten und abfliessenden Flüssigkeiten gelangen in den Labmagen und werden sofort weiter befördert. Die später anlangenden trocknen Massen sind für die Einwirkung des Magensaftes sehr günstig beschaffen. Würden sie mit 85 pCt. Wasser, wie sie sich in den zwei ersten Vormägen finden, in den Labmagen eintreten, dann würde der Magensaft so stark verdünnt werden, dass er nur mangelhaft zu wirken vermöchte. — Der Psalter sorgt also dafür, dass der Labmagen nur gut zerkleinerte und wasserarme Nahrungsmittel bekommt; er hindert auch den Rücktritt des Labmageninhaltes nach dem ersten Magen und nach dem Schlunde. Während der erste und zweite Magen die Rumination vorbereiten, bereitet der dritte die Labmagenverdauung vor (s. Ueber die Anatomie und Physiologie des dritten Magens der Wiederkäuer von Ellenberger, Arch. f. Thierheilkd., Bd. VII, S. 17).

IV. Im Labmagen laufen im Wesentlichen dieselben Vorgänge ab, wie im einfachen Magen der anderen Thiere. Der Inhalt verweilt nur kurze Zeit in ihm, er geht in kleinen Portionen in das Duodenum

hinüber; alle gröberen Massen bleiben bis zur Erweichung zurück. Ausser der Peptonisirung der Eiweisskörper findet anfangs auch noch Stärkeverdauung und Milchsäuregährung statt.

Da die in den Labmagen eintretenden Massen verhältnissmässig trocken, aber gut zerkleinert sind, so scheinen sie viel Säure zu absorbiren; dies erklärt wohl die geringe Säuremenge der Labmagenflüssigkeit (siehe oben) und die trotzdem stattfindende Eiweissverdauung. Auch Fleisch wird von den Wiederkäuern verdaut. Auf Island ernährt man z. B. unter Umständen die Rinder mit getrockneten Fischen. Sogar im Wanste wird das Fleisch theilweise gelöst, wenn es lange genug dort bleibt, z. B. in durchlöcherten Kapseln daselbst festgehalten wird. In diesem Falle handelt es sich nicht um eine echte Verdauung, sondern um einen Fäulnissvorgang resp. um die Wirkung von Mikroorganismen.

In dem Labmagen scheinen auch die in den Vormägen in sehr grossen Mengen vorhandenen und im Labmagen fehlenden Infusorien

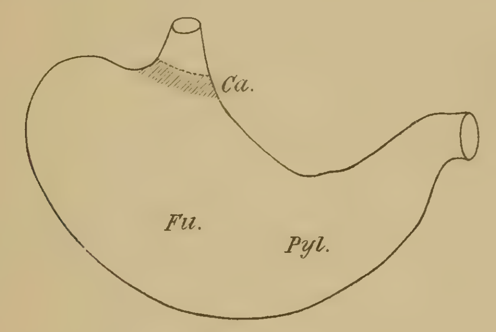


Fig. 80. Magen des Menschen.
Ca. Cardiadrüsen-, *Fu.* Fundusdrüsen-, *Pyl.* Pylorusdrüsenregion.

verdaut zu werden. Sie dienen also gewissermassen mit zur Ernährung der Wiederkäuer.

Ueber die **Gährungsprocesse** in den Wiederkäuermägen giebt der Gehalt ihres Inhaltes an Gasen Aufschluss (s. S. 816). In Pansen und Haube finden die Gährungen ununterbrochen und sehr lebhaft statt; im Psalter fehlen sie ganz oder sind unbedeutend; auch im Labmagen kommen keine erheblichen Gährungsprocesse zu Stande. Die im 1. und 2. Magen entstehenden Gase werden grösstentheils durch Rülpsen nach aussen befördert.

Zum Kapitel **Wiederkauen** sei an dieser Stelle noch nachträglich erwähnt, dass das Wiederkauen ein willkürlicher Akt ist. Dies ergiebt sich aus der Thatsache, dass die Thiere im Wiederkauen vorübergehend innehalten, wenn ihre Aufmerksamkeit auf andere Vorgänge abgelenkt oder ihre Furcht erregt wird und daraus, dass sie bei der Arbeit jede Ruhepause zum Ruminiren benutzen.

D. Ueber den Ablauf der Magenverdauung des Menschen liegen noch zu wenig sichere Nachrichten vor, um aus denselben allgemein gültige Schlüsse ziehen zu können. Die Angaben von Jaworski und Gluzinski und diejenigen von Ewald und Boas liefern immerhin schon schätzenswerthe Grundlagen. Nach den Angaben der letzteren Forscher scheint die Verdauung des Menschen bei Verabreichung

von gemischter, Stärkemehl enthaltender Nahrung mehr der des Pferdes und Schweines als der des Hundes ähnlich zu sein. Ewald und Boas bestätigen in vielen Richtungen die Ergebnisse unserer Untersuchungen. Bei Einführung von Fleisch oder hartgekochtem Eiweiss soll schon nach 1—1½ Stunden die Peptonisirung sistiren (Gluzinski und Jaworski).

II. Die Ausgiebigkeit der Magenverdauung. Die Ausgiebigkeit der Magenverdauung richtet sich, abgesehen von der Art der Nahrung und anderen Umständen, auch nach der Folge und der Reichhaltigkeit der Mahlzeiten. Bei rascher Folge derselben wird natürlich die Magenverdauung durch die folgende Mahlzeit bald unterbrochen. Bei sehr reichlichen Mahlzeiten wird dann die amylolytische Periode verlängert und die proteolytische abgekürzt. Beim Pferde geht schon während der Mahlzeit ein Theil der aufgenommenen Nahrung nach dem Darm über, ohne im Magen verdaut worden zu sein. Wenn ein Pferd 2½ *kg* Heu aufnimmt, so kommen dazu 10 *kg* Speichel. Diese Masse vermag der Magen nicht annähernd zu fassen (er nimmt gewöhnlich nur ca. 5 *kg* auf), also muss ein erheblicher Theil sofort in den Darm übertreten. Pferden soll man ein an Nährstoffen reiches Futter geben, damit die Aufnahmezeit abgekürzt und die Aufenthaltszeit im Magen verlängert wird.

Die Nahrungsmittel, welche im Magen liegen bleiben, werden in sehr bedeutendem Maasse verdaut. Eine Darstellung der Leistungen der Magenverdauung in Zahlen ist aber schwierig. Abgesehen von der ersten Verdauungszeit, während welcher kein Uebertritt in den Darm stattfindet, lässt sich die Berechnung der Ausgiebigkeit der Magenverdauung nur in der Weise anstellen, dass man die im Magen vorhandene Fasermenge bestimmt und dann berechnet, welche Hafermenge der Fasermenge entspricht, wie viel Hafer also noch im Magen ist. Dann lässt sich nach Feststellung der im Magen vorhandenen unverdauten Nährstoffe leicht berechnen, wie viel Procent von den Nährstoffen des Hafers verdaut, resp. gelöst worden resp. aus dem Magen verschwunden sind. Man setzt dabei ein gleichmässiges Vorrücken der Inhaltstheile des Magens nach dem Darme voraus.

a) Bei Pferden waren nach unseren Beobachtungen von den Nährstoffen des im Magen verbliebenen Hafers in den ersten 3 Verdauungsstunden 20—45 pCt. der N-freien und 40—65 pCt. der N-haltigen Nährstoffe verschwunden. Später (bis 12 Stunden nach der Mahlzeit) steigerte sich dies auf 72 pCt. der N-haltigen und 52 pCt. der N-freien Stoffe. Goldschmidt macht folgende Angaben: bei Pferden mit kräftiger Magenverdauung fand er verdaut:

1½	Stunden	nach	der	Mahlzeit	52 pCt.	Eiweiss	und	29 pCt.	N-freie	Stoffe,
3½	»	»	»	»	63 »	»	»	44 »	»	»
8	»	»	»	»	72 »	»	»	52 »	»	»

bei Pferden mit geringerer Verdauungskraft:

2½	Stunden	nach	der	Mahlzeit	28 pCt.	Eiweiss	und	11 pCt.	N-freie	Stoffe,
3½	»	»	»	»	36 »	»	»	22 »	»	»
4½	»	»	»	»	55 »	»	»	32 »	»	»
10	»	»	»	»	68 »	»	»	60 »	»	»
12	»	»	»	»	70 »	»	»	52 »	»	»

b) bei Schweinen waren bei Haferfütterung in den ersten 3 Verdauungsstunden ca. 50 pCt. Eiweiss und ca. 40 pCt. der Kohlehydrate des im Magen vorhandenen Hafers verschwunden. Dies stieg allmählich auf 61, 63, 65, 70 pCt. der N-haltigen und 42, 46, 51 und 65 pCt. der N-freien Stoffe.

Bei Kartoffelfütterung waren von der Stärke der im Magen verbliebenen Kartoffelstücke aus dem Magen verschwunden: 2 Stunden nach der Mahlzeit 12 pCt., nach $3^1/_2$ Stunden 40 pCt. und nach $6^1/_2$ Stunden 72 pCt.

Bei Fleischfütterung waren von dem aus dem Fleische aufgenommenen Eiweiss aus dem Magen verschwunden: 1 Stunde nach der Mahlzeit 9 pCt., 2 Stunden nach der Mahlzeit 27, 4 Stunden nach der Mahlzeit 32, 5 Stunden nach der Mahlzeit 40, 8 Stunden nach der Mahlzeit 83, 12 Stunden nach der Mahlzeit 87 pCt.

c) Die Ausgiebigkeit der Magenverdauung der Wiederkäuer zu ermitteln, ist uns nicht gelungen. Wildt giebt an, dass die N-freien Stoffe zu 50 pCt. im Magen verdaut werden können.

d) Ueber die bedeutende Ausgiebigkeit der Magenverdauung der Fleischfresser sind vorn (S. 528 u. 529) bereits Angaben gemacht worden. Näheres lässt sich aber nicht feststellen, weil Fleisch die natürliche Nahrung dieser Thiere ist und weil dies keine unverdaulichen Bestandtheile enthält, die wie die Cellulose der Körner als Grundlage der Berechnungen dienen könnten. Beim Hunde können wir wohl feststellen, wie viel von dem aufgenommenen Fleische aus dem Magen verschwunden ist, nicht aber, ob dies im Magen oder im Darm verdaut worden ist.

Das Verschwinden der aufgenommenen Nahrung aus dem Magen ist von uns vielfach studirt worden:

Beim Schweine betrug der Mageninhalt bei Aufnahme von 2500 *g* geschälter und gekochter Kartoffeln:

2 Stunden nach der Mahlzeit	2400 *g*	mit 350 *g*	Trockensubstanz.
$3^1/_2$ » » » »	1665 »	» 332 »	»
$6^1/_2$ » » » »	975 »	» 124 »	»

Bei Fleischfütterung von 500 *g* wog der Mageninhalt:

1 Stunde nach der Fütterung	890 *g*	mit 133 *g*	Trockensubstanz.
2 Stunden » » »	700 »	» 112 »	»
4 » » » »	670 »	» 100 »	»
8 » » » »	240 »	» 21 »	»
12 » » » »	250 »	» 17 »	»

Dabei stieg der Wassergehalt des Inhaltes von 84 pCt. auf 93 pCt.

Bei Haferfütterung von 750 *g* wog der Mageninhalt:

3 Stunden nach der Mahlzeit	1150 *g*	mit 333,3 *g*	Trockensubstanz.
6 » » » »	780 »	» 273,0 »	»
8 » » » »	730 »	» 255,0 »	»

Bei Fleischfütterung (200 *g* trockenes, gehacktes Fleisch mit ca. 68 *g* Trockensubstanz) fand man im Magen der Hunde:

1 Stunde nach der Mahlzeit	55,70 *g*	Trockensubstanz (incl. gelöstes Eiweiss u. Pepton).
4 Stunden » » »	31,32 »	» » » » » »
6 » » » »	22,80 »	» » » » » »
9 » » » »	12,30 »	» » » » » »
12 » » » »	0,25 »	» » » » » »

Bei Reisfütterung an Hunde (100 *g* Trockensubstanz) fand man:

1 Stunde nach der Mahlzeit	430 *g*	mit	96,75 *g*	Trockensubstanz.
2 Stunden » » »	422 »	»	94,10 »	»
3 » » » »	335 »	»	64,65 »	»
4 » » » »	140 »	»	25,80 »	»
8 » » » »	— »	»	0,70 »	»
10 » » » »	— »	«	0,28 »	»

Der Wassergehalt stieg dauernd an und zwar von 77,3 auf 96,9 pCt.

Da die Ausgiebigkeit der Verdauung wesentlich von der Dauer des Aufenthaltes der Nahrungsmittel im Magen abhängt, so darf man die Mahlzeiten nicht zu rasch folgen lassen. Andererseits muss man aber auch Ueberladungen verhüten, weil diese die Verdauung erheblich schädigen, wie wir durch eine Anzahl von Versuchen dargethan haben.

Bei der Fütterung der Pferde sollte man erst Heu und dann Hafer geben; weil im umgekehrten Falle das Heu den Hafer, für welchen die Magenverdauung wesentlich ist, fortschiebt.

Das Tränken nach Heufütterung ist zulässig; nach Haferfütterung ist dasselbe nicht so günstig, weil der Hafer durch das Wasser leicht nach dem Darme gespült wird. Das Verabreichen von etwas Wasser ist aber gut, weil es die amylolytische Periode verlängert. Pferde werden durch das Getränk nicht belästigt, weil es den Magen sofort durchfliesst. Anders ist dies bei Hunden; bei diesen wird durch Wasseraufnahme, da das Wasser lange Zeit im Magen bleibt, die Magenverdauung erheblich beeinträchtigt.

Vorheriges Zerkleinern von Heu und Hafer hat keinen Werth; es kürzt die Magenverdauung nicht ab (Colin); es schadet aber insofern, als das Einspeicheln dann wegen des geringeren Kauens sehr beeinträchtigt wird; eine gute Einspeichelung ist aber für die Verdauung sehr wesentlich. Je gründlicher stärkemehlhaltige Nahrungsmittel eingespeichelt werden, um so besser werden sie verdaut. — Es folgt aus unseren Versuchsresultaten weiterhin, dass die HCl bei therapeutischer Verwendung nicht unmittelbar, sondern erst einige Stunden nach der Mahlzeit gegeben werden sollte. — Gährungs- und Fäulnissvorgänge im Magen beseitigt am sichersten ein normaler Magensaft. — Muss man aus anderen Gründen, als aus denen des Ersatzes der im Magen fehlenden HCl, eine Säure therapeutisch verabreichen, dann empfehlen sich organische Säuren; sie stören die Amylaceenverdauung nicht und geben nicht leicht Anlass zu Selbstverdauungen.

Zum Schlusse ist noch die Frage zu lösen, ob die Magenverdauung ohne Lebensgefahr und ohne wesentliche Beeinträchtigung der Gesundheit der betreffenden Individuen ausgeschaltet werden kann.

Czerny hat mehreren Hunden den Magen bis auf einen kleinen Rest (an der Cardiaseite) entfernt, ohne dass die Hunde Verdauungsbeschwerden und Ernährungsstörungen zeigten. Einer der operirten Hunde lebte ohne Störungen 5 Jahre und wurde dann getödtet. Ich selbst habe einen Hund, dem ein grosser Theil des Magens exstirpirt worden war, lange Zeit beobachtet; das Thier war durchaus gesund.

Ludwig und Ogata haben den Magen in sinnreicher Weise ganz und gar ausgeschaltet; trotzdem lief die Verdauung bei Ernährung mit rohem Fleisch ohne Störungen ab; Bindegewebe wurde nicht so gut, wie vorher und gekochtes Fleisch fast gar nicht verdaut. Von einer gewissen, dem Magen einverleibten Quantität Fleisch wurden in 2 Stunden 53 pCt. verdaut; brachte man eine gleiche Quantität in den Darm, dann waren in derselben Zeit 85 pCt. verdaut. 1 Stunde nach einer Mahlzeit mit Magenverdauung waren 70,36 und ohne Magenverdauung 117,5 *g* Eiweiss verdaut.

Nährstoffe, die direct in Darmschlingen eingebracht werden, verfallen einer raschen

und energischen Verdauung (Zander, Schmidt und Bidder, Kölliker und Müller, Busch, Ogata). Eiweiss verdaut der Darm besser als der Magen. Reines Bindegewebe wird aber im Darm ohne vorherige Magensaftwirkung fast gar nicht verdaut.

Der Magen ist weder als Vorrathskammer noch als Quelle eines Verdauungssaftes unbedingt nothwendig (Ogata). Dieser Satz dürfte wohl nur für Carnivoren gelten!

Ueber das Verhalten der Thiere und des Magens derselben während der Verdauung ist noch Folgendes zu bemerken: Die Thiere erscheinen müde und schläfrig; sie fühlen das Bedürfniss nach Ruhe und legen sich (abgesehen von den Pferden) gern nieder. Dabei sind Athmung und Circulation beschleunigt und die Innentemperatur ist erhöht, Verdauungsfieber. Die Blutgefässe des Magens sind erweitert und mehr gestreckt als vorher, der Magen und besonders die Fundusdrüsenschleimhaut ist sehr blutreich und physiologisch geschwollen, die Blutcirculation in der Magenwand ist beschleunigt. Für den Magen besteht, je nachdem er ruht oder thätig ist, eine periodisch-regulatorische Blutversorgung, die unter der Herrschaft der Vasomotoren steht, aber auch Beziehungen zur Milz haben soll. Die Milz soll nämlich das Regulationsorgan für den Blutgehalt des Magens sein; sobald sie sich contrahirt, füllt sich die Magenwand mit Blut und umgekehrt.

Während der Verdauung steigt die Temperatur im Magen. Dieselbe beträgt im nüchternen Zustande 38,7° und steigt während der Verdauung auf 40° C. an (Kronecker).

Auf die Temperatur im Magen hat auch die Athmung in der Art Einfluss, dass dieselbe bei kalter Athmungsluft sinkt. Ob die Athmung auch einen Einfluss auf die Magenbewegungen ausübt, ist zweifelhaft.

3. Die Darmverdauung. Die Alten glaubten, dass die Verdauung nur im Magen ablaufe. Dies ist aber nicht der Fall; im Darmkanale und zwar speciell im Dünndarm finden sehr bedeutende Verdauungsvorgänge statt; Darm- und Magenverdauung stehen in einem vicariirenden und compensatorischen Verhältnisse (s. oben).

Im Anfangstheile des Duodenum finden bei denjenigen Thieren, bei denen sich die Einmündung des Gallenganges nicht dicht hinter dem Magen befindet, also bei den Wiederkäuern und Einhufern, ähnliche Vorgänge wie im Magen, wenn auch abgeschwächt, statt. Der aus dem Magen stammende Magensaft wirkt hier noch fort. Hier wird von der Darmschleimhaut auch Pepsin imbibirt (s. oben).

Hinter der Einmündung des Gallen- und Wirsung'schen Ganges beginnt erst die echte, unter Wirkungsentfaltung der Galle und des Pancreassaftes (s. oben) stattfindende Darmverdauung. Es findet gründlichste Durchfeuchtung und progressive Erweichung und Verflüssigung der aus dem Magen in den Darm eingeführten Massen statt; die verflüssigten Massen verfallen rasch der Resorption. Die meisten der im Darm ablaufenden Processe, die deshalb, weil sie sich gegenseitig fortwährend beeinflussen, als Ganzes gar nicht übersehbar sind, wurden einzeln für sich schon oben besprochen, z. B. die, trotz Vernichtung des Speichelfermentes durch den Magensaft (s. oben), im Darm ablaufende Verdauung der Stärke durch Pancreassaft, Galle und Darmsaft und die anschliessende Milchsäure-, Butter- und Essigsäuregährung,

die Veränderungen der Eiweisskörper durch das Trypsin, die Beeinflussung der Trypsinwirkung durch Säuren und durch Pepsin, das Verhalten der Pepsin- und Trypsinwirkung und das Verhalten der Gallen-, Pepsin- und Trypsinwirkung zu einander, die Wirkungen des Magensaftes auf die Galle und umgekehrt, das Verhalten der Gallensäuren und Gallenfarbstoffe im Darm und ihr Verbleib, die Zerlegung der Fette durch die Galle und den Pancreassaft und ihre Emulsionirung, die fäulnisswidrige Wirkung der Galle und die Pankreasfäulniss u. s. w. Auch ist schon darauf aufmerksam gemacht worden, dass im Darm Mikroorganismen vorkommen, welche Eiweiss peptonisiren und Stärke in Zucker umwandeln können.

Die in einem erheblichen Theile des Dünndarms herrschende saure Reaction soll der Pankreasverdauung durch Beschränkung der Fäulniss deshalb günstig sein, weil der zähe, gelbe, antiseptische Galleniederschlag nur bei saurer Reaction zugegen ist. Die Thatsache, dass bei Bildung der Niederschläge das Pepsin mit niedergerissen wird, wird insofern als sehr werthvoll angesehen, als das Pepsin bei der sauren Reaction das Trypsin zerstören würde. Werden durch überschüssige Galle die Niederschläge gelöst, dann reagirt der Darminhalt alkalisch; in alkalischer Lösung aber ist das Pepsin unwirksam und deshalb dem Trypsin unschädlich. Die neuerlich von Boas gemachten Angaben über den Ablauf der Darmverdauung bedürfen noch der Bestätigung und sollen deshalb hier nicht besprochen werden.

Während die Dünndarmverdauung zweifellos eine hohe Bedeutung hat, nehmen im Dickdarm die Verdauungsvorgänge bedeutend ab. Immerhin wird aber auch hier noch verdaut, wie dies die Versuche mit Nährklystieren beweisen (Bauer, Eichhorst, Leube). In den distalsten Abtheilungen wird aber die Verdauung, wie Beobachtungen beim Anus präternaturalis lehrten, sehr gering (Czerny, Latschenberger, Markwald); hier kommen wohl nur Fäulniss- und Gährungs- aber keine echten Verdauungsfermente in Betracht. Die Fäulnissfermente peptonisiren aber auch die Eiweisskörper, ehe sie dieselben weiter verändern. Bei flotter Resorption kann also auch die Fäulniss ein für die Ernährung brauchbares Material liefern.

Der Blinddarm des Pferdes ist ganz zweifellos nicht nur als ein Resorptions-, sondern auch als ein Verdauungsorgan anzusehen. In demselben dürften nach unseren Versuchen noch circa 10, unter Umständen aber sogar noch mehr Procente der aufgenommenen Nährstoffe verdaut werden. Schon die anatomischen Verhältnisse des Coecum und die Thatsache, dass die Nahrungsmittel sehr lange in demselben verweilen, weisen darauf hin, dass das Coecum Verdauungsorgan sein muss. Diese Schlussfolgerung wird aber durch Paladino's Versuche, welcher feststellte, dass der Saft des Coecums Stärke in Zucker umwandelte und das Eiweiss der Hülsenfrüchte, nicht aber Hühnereiweiss, verdaute und durch meine eigenen Beobachtungen gestützt und als thatsächlich richtig bewiesen. (Die physiologische Bedeutung des

Blinddarms der Pferde. Archiv für Thierheilkunde, Bd. V, S. 399). Wenn dieses Organ nur Resorptionsapparat wäre, dann bliebe das Factum unbegreiflich, dass der Inhalt des Coecum stets sehr wasserreich ist. Wäre das Coecum hervorragendes Resorptionsorgan, dann müsste sein Inhalt in Folge des langen Verweilens desselben trocken werden. Im Coecum findet zweifellos eine nicht unerhebliche Resorption, daneben aber auch eine bedeutende Secretion und Verdauung (Pepton- und Zuckerbildung) neben den Gährungs- und Fäulnissprocessen statt. Aehnlich dürfte sich das Coecum der anderen Pflanzenfresser und der proximale Abschnitt des Colon aller Herbivoren verhalten.

Im distalen Colon und Rectum laufen echte Verdauungsvorgänge nicht mehr ab. Hier treten Gährungs- und Fäulnissprocesse an ihre Stelle. Auch wird hier resorbirt, sodass der Wassergehalt des Darminhaltes allmählich abnimmt. In den Endabschnitten des Rectum nehmen auch die Gährungsprocesse ab, hören wohl auch ganz auf (in Folge Wassermangels). Bei den Fleischfressern scheint gar keine Dickdarmverdauung zu bestehen.

Die **Gährungs- und Fäulnissprocesse** im Darmkanale. Dieselben sind von vielen Seiten (Frerichs, Gorup-Besanez u. s. w.) und in neuerer Zeit besonders von Nencki und Tappeiner und für das Pferd auch von Tereg studirt worden. Sie beginnen schon im Magen und Dünndarm, erreichen aber im Coecum und Colon der Pflanzenfresser erst ihre Höhe; hier finden dieselben lebhaft und ununterbrochen statt. Es scheint mir zweifellos, dass die Gährungs- und Fäulnissprocesse, z. B. das Peptonisiren von Eiweiss, das Spalten des Zuckers in Milchsäure, das Spalten der Fette, die Veränderung der Cellulose (?) eine verdauliche Bedeutung und einen Nutzen für den Organismus haben; ebenso zweifellos ist es aber auch, dass diese Vorgänge vielfach schädlich sein können und sind; viele Gährungs- und Fäulnissproducte stellen, wenn sie resorbirt werden, Gifte für den Organismus dar. Das beste Mittel gegen das Ueberhandnehmen dieser Vorgänge ist in der raschen Resorption der unveränderten Verdauungsproducte und Nährstoffe gegeben; diese werden durch die Resorption der Fäulniss entzogen. Je lebhafter die Resorption ist, um so geringer ist die Fäulniss. Nur das, was die Resorptionskraft nicht bewältigen kann, fault.

Die Gährungs- und Fäulnissprocesse, welche im Darmkanale ablaufen, finden ihre Ursachen in den um und in der Nahrung und in der verschluckten Luft enthaltenen und mit ihnen in den Darmkanal eingeführten Spaltpilzen und sonstigen Mikroorganismen (Mikrokokken, Bakterien, Bacillen, Spirillen). Offenbar sind viele Arten von Mikroorganismen bei den Zersetzungsvorgängen thätig; jede Art bewirkt einen anderen Vorgang mit bestimmten Zersetzungsproducten (Nencki, Tappeiner). Es giebt Bacillen, welche aus denselben Massen CO_2 und H produciren, aus denen andere CH_4 nnd CO_2 liefern. Die ersteren sind resistenter gegen Säuren, als die letzteren. Die CH_4 liefernden

Bacillen können bei saurer Reaction nicht wirken, wohl aber diejenigen, welche CO_2 und H bilden. Deshalb wirken die ersteren besonders in den alkalisch reagirenden Massen des Dickdarms. Die in den Darmabschnitten stattfindenden Gährungsprocesse sind also, abgesehen von der Art der Nahrung, auch verschieden nach der Art der gerade vorhandenen Mikroorganismen.

a) Bei Verabreichung von Kohlehydraten konstatirt man regelmässig die Milchsäuregährung, veranlasst durch Hammarsten's Labenzym oder Pasteur's stäbchenförmiges Milchsäureferment resp. Cohn's Bacterium lacticum. Diese Gährung findet im ganzen Magendarmschlauche statt; die entstehende Milchsäure wird durch die Alkalien der Darmsäfte gebunden, es entsteht Natriumlactat u. s. w. Die etwaige überschüssige Milchsäure verleiht den Inhaltsmassen die saure Reaction. Ob es ausser der Milchsäuregährung noch Amylumfäulniss giebt, bei welcher Milchsäure aus der Stärke oder den Dextrinen abgespalten wird, ist zweifelhaft. Die Milchsäuregährung scheint in einem derartigen Verhältnisse zur Eiweissfäulniss zu stehen, dass erstere die letztere nicht aufkommen lässt. Sobald aber die Milchsäuregährung aufhört, beginnt sofort die Eiweissfäulniss. Demnach ist die Gegenwart von Kohlehydraten im Darm günstig für die Hinderung der zu lebhaften Eiweissfäulniss. Als Fortsetzung der Milchsäuregährung betrachtet man die Buttersäuregährung, veranlasst durch den Bacill. butyricus, s. amylobacter, s. Clostridium butyricum, s. Vibrion butyrique (Pasteur). Hierbei bildet sich freies Wasserstoffgas, welches Reductionsprocesse herbeiführt (Reduction der Sulfate unter Bildung von Sulfiden und H_2S, Bildung von Hydrobilirubin aus Biliverdin). Die Alcoholgährung kommt im Darm wohl sehr selten vor. Ebenso ist es mit der durch Bacterium aceti veranlassten Essigsäuregährung. Trotzdem entsteht Essigsäure und wohl theilweise aus Albuminaten (Nencki). — Befindet sich Cellulose im Darmkanale, dann wird ein Theil derselben durch Schizomyceten zersetzt, wobei Sumpfgas und flüchtige Säuren (Essig- und Buttersäure) entstehen. Nebenbei sei bemerkt, dass sich im Darm auch Pilze finden, welche Stärke saccharificiren und Rohrzucker invertiren.

b) Die in den Verdauungsschlauch gelangten Fette werden theilweise durch Mikroorganismen in ihre Componenten, Fettsäure und Glycerin, welche je nach der herrschenden Reaction und den gerade vorhandenen Mikroben verschiedenen weiteren Gährungsprozessen verfallen, zerlegt.

Die Kalkseifen der Milchsäure liefern Propion-, Essigsäure, CO_2, H_2O, oder Valeriansäure etc., aus Aepfelsäure entsteht Bernsteinsäure oder Propionsäure oder Buttersäure oder Milchsäure und CO_2, aus Weinsäure entsteht Essigsäure, Propionsäure, CO_2 und H_2O oder Buttersäure oder Essigsäure etc. Glycerinsäure liefert neben Alkohol und Bernsteinsäure besonders Essigsäure.

c) Das Eiweiss verfällt im Darm durch Einwirkung von Mikroben der Eiweissfäulniss, die auch als Pankreasfäulniss bezeichnet wird

(Hüfner, Nencki, Kühne, Jeanneret). Neben Fäulnissorganismen kommen noch solche Mikroben zur Wirkung, die Eiweiss, wenn auch nur vorrübergehend, in Pepton überführen.

Bei der Eiweissfäulniss, welche die Producte der Pancreasverdauung sowohl, als auch unverdautes Eiweiss, als auch die Nhaltigen Bestandtheile der Verdauungssäfte betrifft, entstehen: Indol, Phenol, Skatol, Ammoniak, Kohlensäure, Buttersäure, Valeriansäure, Essigsäure, isomeres Leucin (Nencki), H_2S, CH_4, H (welcher Anlass zu Reductionen giebt), Glycocoll (bei Leimgährung) und andere Stoffe.

Das Leucin ($C_6H_{13}NO_2$) liefert unter 2 H_2O-Aufnahme: Valeriansäure ($C_5H_{10}O_2$) Ammoniak, CO_2 und 2 (H_2). Aehnlich verhält sich das Glycin. Tyrosin ($C_9H_{11}NO_3$) liefert Indol (C_8H_7N) und CO_2, H_2O und H_2. Faulendes Eiweiss liefert auch Phenol (C_6H_6O), Indol und Skatol (C_9H_9N). Leim liefert Leucin, Ammoniak, CO_2, Essigsäure, Buttersäure, Valeriansäure und Glycin. Mucin und Nuclein erleiden keine Veränderungen.

Bei O-Zutritt sind die Vorgänge mannigfaltiger und lebhafter als bei O-Mangel. Sie finden aber auch bei gehindertem Luftzutritt statt, wenn auch langsamer; daraus ergiebt sich, dass die in Frage kommenden Organismen z. Th. Anaërobien sind. Bei Abschluss von O treten Reductionen auf; es entwickelt sich H, CH_4 und H_2S; Oxysäuren werden zu Fettsäuren etc. Bei Gegenwart von O verbindet sich dasselbe z. Th. mit dem H zu H_2O, z. Th. wirkt es in anderer Richtung oxydirend.

Die durch Mikroorganismen eingeleiteten Processe sind von den durch Enzyme veranlassten Vorgängen verschieden. Beide Fermentarten erzeugen verschiedene Zersetzungsproducte. Die Mikroben veranlassen Oxydations- (fette Säuren) und Reductionsvorgänge (brennbare Gase), die Enzyme dagegen Hydrationen; die ersteren erzeugen Indol, Skatol, Phenol u. s. w., d. h. Stoffe, die bei der Wirkung der letzteren niemals entstehen. Bei den Fäulnissvorgängen entstehen Anfangs mehr Fettsäuren, später mehr Kohlensäure, Anfangs mehr Baldrian-, später mehr Buttersäure u. s. w. Sie laufen bei den Herbivoren in höherem Maasse ab, als bei den Carnivoren, daher der Reichthum des Harns der ersteren an Indol und Phenol. Die Dauer des Verweilens des Speisebreies, die Zusammensetzung desselben, seine Consistenz und andere Umstände, vor Allem aber die Resorptionskraft des Darmkanales und der Zufluss von Galle und von Pankreassaft entscheiden über die Intensität der Fäulnissvorgänge; Gallenzufluss mindert, Pancreaszufluss steigert die Fäulniss.

Den Fäulnissvorgängen enstammt ein Theil der im Darm vorhandenen **Gase** (s. oben); ein anderer Theil hat aber auch andere Quellen. Die Kohlensäure entstammt z. Th. den durch die verschluckte Luft veranlassten Oxydationsprocessen, z. Th. verschiedenen Gährungs- und Fäulnissprocessen, der Buttersäure-, Sumpfgasgährung u. s. w. Der Stickstoff scheint als entsauerstoffte Luft aufzufassen zu sein (Ruge). Es ist nicht bewiesen, dass bei irgend einem Gährungs- oder Fäulnissvorgange N entstehe oder dass derselbe z. B. vom Thierleibe an den

Darminhalt abgegeben werde (s. Kunkel's und Seegens und Nowack's Arbeiten). Der Wasserstoff entsteht sowohl bei der Buttersäuregährung als auch bei der Eiweissfäulniss (Kunkel). Sumpfgas entwickelt sich sowohl aus Eiweisssubstanzen als auch aus Kohlehydraten (Popoff u. A.), so z. B. auch aus Cellulose (Tappeiner's Sumpfgasgährung der Cellulose). Die Sumpfgasgährung ist bei den Herbi- und Omnivoren bedeutend, bei den Carnivoren ist sie gering oder fehlt ganz.

Die Gährungsvorgänge im Darm sind nicht nur Oxydations-, sondern auch z. Th. Reductionsvorgänge; nur bei letzteren Processen können H, CH_4, SH_2, die im Darm vorhandenen Sulfide und das Hydrobilirubin entstehen.

Im Darmkanale der Neugeborenen findet man keine Gase und kein Hydrobilirubin, weil die Gährungen und die Fäulnissprocesse während der Fötalperiode deshalb nicht stattfinden können, weil der Fötus keine Luft und keine keimhaltigen Nahrungsmittel und daher auch keine Gährungs- und Fäulnisserreger verschluckt.

Die Darmfäulniss ist auch von der Secretion des Magensaftes abhängig; bei verringerter Magensaft-Secretion steigt die Darmfäulniss. Alle Magengährungen wirken ähnlich. Die z. Th. sterilisirende HCl des Magensaftes verhindert eine zu starke Gährung im Darmkanale (Wasbutski).

Ausgiebigkeit der Darmverdauung. Es ist ausserordentlich schwer, die gesammte Leistung der Darmverdauung zu übersehen und dies schon deshalb, weil die Nahrungsmittel in sehr verschiedenen Graden der Verdauung im Dünndarm ankommen; ein Theil derselben hat der Magenverdauung garnicht unterlegen, ein anderer ist im Magen wenig und wieder ein anderer Theil sehr erheblich verdaut worden. Wir können nur constatiren, in welchem Grade die im Dünndarm vorhandenen Nahrungsmittel zu bestimmten Zeiten der Digestion verdaut erscheinen. Um dies bestimmen zu können, muss aber vorher die Menge des betreffenden Nahrungsmittels bekannt sein, die sich im Darmkanale befindet. Wir haben diese bei cellulosehaltigen Nahrungsmitteln in der Weise bestimmt, dass wir den Darminhalt auf die Menge der vorhandenen Cellulose prüften und aus dieser die Nahrungsmittelmenge berechneten. Daraus ergab sich, wie viel Stärke, Eiweiss u. s. w. im Darm ungelöst vorhanden sein musste, wenn nichts verdaut worden wäre. Was an ungelösten Stoffen fehlte, war als verdaut, und was überhaupt fehlte, war als resorbirt anzusehen.

Bei Haferfütterung fand man im Dünndarm der Pferde unverdaut vor: ca. 30 pCt. Eiweiss und ca. 48 pCt. Kohlehydrate, im Dickdarm ca. 14 pCt. Eiweiss und 28 pCt. Kohlehydrate, im Rectum ca. 9 pCt. Eiweiss und 23 pCt. Kohlehydrate. Sonach waren verdaut:

im Dünndarm . . .	70 pCt.	Eiweiss,	52 pCt.	Kohlehydrate
» Dickdarm . . .	86 »	»	72 »	»
» Rectum	91 »	»	77 »	»

Bei Haferfütterung an Schweine fanden wir im Dünndarm verdaut: 69—77 pCt. der Eiweisskörper und 65—72 pCt. der Kohlehydrate. Die Verdauung schritt gradatim vor mit der Anzahl der Ver-

dauungsstunden. Im Blinddarm und im Grimmdarm waren verdaut 74—77 pCt. N-freie und 80—87 pCt. N-haltige Stoffe.

Bei Kartoffelfütterung war von der Stärke der in den Darm übergetretenen Kartoffeln im Darm verdaut: 2 Stunden nach der Mahlzeit 80 pCt., $3^1/_2$ und $6^1/_2$ Stunden nach der Mahlzeit 90—93 pCt.

Wie viel von den Nährstoffen im Magen und wie viel davon im Darm verdaut worden sind, lässt sich nicht sagen. Ausserdem darf nicht vergessen werden, dass selbst bei sehr langem Hungern noch kleine Reste früherer Mahlzeiten im Darm vorhanden sein dürften, welche die Untersuchungsresultate trüben.

Die Darmverdauung der Wiederkäuer zu studiren, ist uns nicht gelungen. Unsere vielfachen Versuche haben zu keinen befriedigenden Resultaten geführt. In den Vormägen der Wiederkäuer findet stets eine Durchmischung der Nahrungsmittel verschiedener Mahlzeiten statt; es ist sonach unmöglich, die Verdauung eines Nahrungsmittels zu verfolgen.

Auch über die Darmverdauung der Hunde können wir zunächst nichts Genaueres angeben, da unsere Versuche noch nicht beendet sind. Die Dauer der Darmverdauung ergiebt sich aus den oben gemachten Angaben über den Aufenthalt der Nahrungsmittel im Verdauungsschlauche, s. S. 755.

V. Die Excremente (Fäces, Koth).

In den letzten Abschnitten des Darmkanales, in welchen keine erheblichen Verdauungsvorgänge mehr stattfinden, sammeln sich, durch anhaltende Resorption des Wassers mehr oder weniger eingedickt, die Ueberreste des Verdauungsprocesses an, welche nun als Excremente durch den After nach aussen geschafft werden (s. S. 752 ff.). Die Quantität, Qualität und Zusammensetzung der Fäces wechselt mit der Art der Nahrung und den Mengenverhältnissen der Nahrungsbestandtheile. Die Fäces enthalten: 1. das Unverdauliche der eingenommenen Nahrung, 2. das überschüssige verdauliche, aber nicht zur Verdauung gelangte Material, 3. verdaute, aber nicht zur Resorption gelangte Theile der Nahrung, 4. Theile (Residuen) der Verdauungssäfte, Darmepithel und Darmschleim, 5. Fäulniss- und Gährungsprodukte des Darminhaltes und vielleicht 6. Stoffwechselprodukte, welche von der Darmoberfläche direct ausgeschieden werden. Im Grossen und Ganzen kann der Koth als der Rückstand der von den Thieren aufgenommenen und durch die Verdauung und Resorption seiner Nährstoffe beraubten Nahrung betrachtet werden.

In neuerer Zeit ist die Meinung ausgesprochen worden, dass der Koth wesentlich ein Produkt der Darmsecretion sei (Herrmann, Heidenhain).

Die bei Neugeborenen entleerten, also im Darm des Fötus sich bildenden Massen werden als Meconium bezeichnet (s. Entwickelungsgeschichte).

1. **Die Kothmenge.** Die Quantität der Fäces ist nicht blos von der Menge, sondern auch von der Art der aufgenommenen Nahrung abhängig. Reine Fleischnahrung liefert nur wenig, Pflanzennahrung, namentlich, wenn sie viel Holzfaser enthält, viel Koth. Hunde, die nur Fleisch aufnahmen, lieferten täglich 27—40,1 *g*

Koth mit 8,5—20,9 *g* festen Stoffen, während sie bei Brodnahrung, je nach der Menge der Aufnahme, 225—857 *g* Koth absetzten. Die Menge des Fleischkothes war unabhängig von der Menge des genossenen Fleisches, während die Quantität des Pflanzenkothes im Verhältnisse zur Menge der Aufnahme stand und mit dieser wechselte (Bischoff und Voit).

a) Das Pferd entleert, nach meinen eigenen und anderen Beobachtungen, pro Tag im Durchschnitt 15—20, selbst 23 *kg* Koth und zwar bei Fütterung mit Wiesenheu ca. 16—17, bei Fütterung mit Hafer, Häcksel und Heu 9—10 *kg* (8400 *g* aufgenommener Hafer lieferten 3500 *g* Koth [Boussingault]).

b) Das Rind setzt bei Erhaltungs- und schwachem Productionsfutter pro Tag 15—35 *kg* Koth ab; bei Mastfutter wächst die Kothmenge auf 40—45 *kg* und darüber

c) Schafe liefern 1—3 *kg* Koth pro Tag.

d) Schweine setzten bei Fütterung mit Gerste, Erbsen und Mais täglich 0,5—1,5, bei Kleie-, Milch- und Wasserzusatz 2—2,5, ja 3 *kg* Koth ab.

e) Der Hund setzte bei Brodfütterung 125—400 (ja bis 900) *g* Koth ab (ca. 20 pCt. des aufgenommenen Brodes, bei Aufnahme von viel Brod aber mehr als 20 pCt.); bei reiner Fleischnahrung berechnet sich die tägliche Kothmenge auf 27—40. bei Fleisch-, Fett- und Zuckernahrung auf 21—85 *g*.

2. **Die Qualität.** Die grobe Beschaffenheit des Kothes ist nach der Thierart, der Nahrung u. s. w. ausserordentlich verschieden. Der nach Thierart, Nahrung und Gallenzufluss wechselnde Kothgeruch findet seine Ursache in dem Gehalte des Kothes an Schwefelwasserstoff, Ammoniak, flüchtigen Basen, namentlich aber an Indol und Skatol. Der Pflanzenfresserkoth ist nicht so unangenehm übelriechend und widerlich, wie der Omni- und Carnivorenkoth. Bei Gallenausschluss nimmt der Fleischfresserkoth einen ekelhaften, aasartigen Geruch an.

a) Der Pferdekoth bildet bei der gewöhnlichen Fütterung (aus Körnern, Häcksel und Heu) grössere oder kleinere, lockere oder festere Ballen von fast kugeliger, seitlich zusammengedrückter Gestalt und bei Heufutter von bräunlichgrünlicher, bei Hafer- nnd Kleiefütterung von mehr gelblicher Farbe. Er reagirt schwach alkalisch oder neutral, selten, z. B. bei längerem Stehen des Pferdes im Stalle und dadurch bedingtem trägen Kothabsatz, sauer. Sein Wassergehalt beträgt 73 bis 78 pCt.; selten 63—65 pCt. (Gurlt). Bei Fütterung mit Gras wird der Pferdekoth weich, wasserreich und bildet keine Ballen mehr.

b) Das Rind liefert einen weichen, breiigen, meist dunkel- bis braungrün, bei reichlicher Strohfütterung gelblich, bei Bohnenstrohfütterung dunkelbraun gefärbten Koth mit einem Wassergehalt von 82—85—86 pCt. Er tritt gewöhnlich in nicht bestimmbarer Form zu Tage; bei trockener Beschaffenheit (70—75 pCt. Wasser) sind ringförmige Vertiefungen oder spiralige Rinneneindrücke an den Kothmassen vorhanden. Die Reaction ist alkalisch, neutral oder sauer, letzteres wohl bei Fütterung von hauptsächlich derartigen Nahrungsmitteln, welche reichlich Kohlehydrate und Fette enthalten.

c) Der Schaf- und Ziegenkoth bildet kleine, feste, meist platt abgerundete, oder ovale, dunkelgrüne, oft schwärzliche Bälle (Kugeln), die theils einzeln, theils in perlschnurartigen Strängen abgehen, in denen die Ballen durch Schleim zusammenhängen. Bei Heufutter erscheinen sie dunkelbräunlich grün, bei Haferfütterung gelblich, bei Rapskuchenzusatz dunkelbraun-grünlich, namentlich dunkel erscheinend durch die unverdauten Rapsschalen. Der Schafkoth reagirt meist neutral, oder schwach alkalisch; bei reichlicher Kartoffelfütterung wird er schwach sauer. Sein Wassergehalt schwankt zwischen 56, 60 und 75 pCt., ja bei saftreicher Nahrung bis 80 pCt.; in letzterem Falle tritt der Koth nicht mehr in Ballen auf.

d) Das Schwein bildet im Allgemeinen einen weichen, breiartigen Koth und nur selten längliche, eingedrückte oder wurstförmige Massen; er ist sehr übelriechend; bei Haferfütterung besitzt er eine gelbliche, bei Kleien- und Kalbsknochennahrung eine graue, bei Kartoffelfütterung eine grauweisse Farbe. Der Wassergehalt beträgt durchschnittlich 65 pCt., steigt aber bei wassereicher Nahrung, Milchfütterung u. dergl. auf 74, 80, ja 82 pCt. Er reagirt sauer oder alkalisch.

e) Der Hundekoth wird in geformten, cylindrischen, bald harten, bald weichen Würsten, die je nach der Nahrung verschieden reagiren, abgesetzt. Bei Fleischkost erscheint er pechartig und schwarz, bei Fettzulage dunkel- bis graubraun, bei Brodkost gelbbraun; bei reichlichem Knochengenuss wird er weisslich von Farbe (Kalksalze) und sehr trocken. Der Hundekoth enthält 55—77 pCt., bei Fleischkost 63 pCt., bei Brodkost 77 pCt. Wasser. Bei Fleisch- und Fettkost ist der Hundekoth besonders übelriechend. Beim Hungern setzt der Hund eine schwarze, pechartige Masse (pro 100 *kg* Gewicht 6—32 *g*) ab, also nicht viel weniger als bei Fleischkost. Der Brodkoth stellt nahezu unverändertes Brod dar.

3. **Morphologische Bestandtheile.** Im Kothe findet man stets Reste der aufgenommenen Nahrung, und zwar wenige bei Fleisch-, viele bei Pflanzenfütterung. So findet man bei Fleischnahrung unter Umständen noch kleine Fleischstückchen, Schinkenstückchen, Sehnenfetzen, Knorpelstücke, stets vereinzelte Fleischfasern, auch sehnige Bindegewebsmassen, elastische Fasern, unter Umständen Haare, Horn und dergl. Bei Pflanzennahrung findet man Körnerhülsen, zuweilen ganze Körner, Strohtheile, Holzfasern, Spiralgefässe, Obstkerne, Gefässbündel, Harze, Wachs, Chlorophyllzellen, Stärkekörner und Partikelchen derselben, Pflanzenzellen, Kartoffelschalen, Fetttröpfchen u. s. w.

Ausser den deutlich als solche erkennbaren Nahrungsresten kommen im Kothe noch unbestimmbare Partikelchen und Körnchen vor; dazu kommen noch viele Mikroorganismen, Kugel- und Stäbchenbacterien und ähnliche Organismen (Woodwaard, Nothnagel, Escherich, Bienstock), Schleimflocken und grössere Schleimfetzen (oft als Ueberzug des Kothes), Epithelzellen und Rundzellen, Schleimkörperchen, Zellkerne und Krystalle (Tripelphosphate, neutraler, phosphorsaurer Kalk, gelbe Kalksalze, Cholesterin, oxalsaurer Kalk(?), Charcot's spindelförmige Krystalle (beim Menschen), fettsauren Kalk). Bei Fettnahrung erscheinen viele Fettkörnchen im Kothe; bei fettarmer Nahrung ist der Koth unter Umständen ganz fettfrei, während bei fettreicher Nahrung der Fettgehalt des Kothes auf 2,5—6,3 pCt. ansteigt; natürlich findet man mehr schwer verdauliches Stearin und Palmitin als das leichter verdauliche Oleïn. Bei den Schweinen stammt ein Theil der Kothfette von den Fetten der Verdauungssäfte, vor Allem der Galle (Heiden). Bei Milchgenuss findet man im Kothe geronnene Flocken mit eingeschlossenen Fettkörnchen und Stückchen von geronnenem Eiweiss. Man findet unter Umständen im Kothe auch Eier von Darmparasiten, Monaden und dergl.

4. **Die chemische Zusammensetzung.** Im Kothe findet man bei gemischter Nahrung: Eiweiss, Stärkemehl, Dextrin, unter Umständen Zucker, Fett, Seifen, Chlorophyll, Pflanzenfaser (Cellulose), viele Salze: Kieselerde, Erdphosphate, kohlensauren Kalk, phosphorsaure Ammoniak-Magnesia, wenig alkalische Salze, Fettsäuren resp. die Calciumverbindungen der Fettsäuren, Isobuttersäure, Nucleïn, Mucin, Lecithin (in Spuren), Cholesterin, Stercorin (Flint, wohl Cholesterin), Indol, Skatol, Excretin, Phenol, Essigsäure, Buttersäure, Capronsäure, unter Umständen Farbstoffe, die mit den Pflanzen eingeführt wurden;

dazu kommen die oben genannten Gase u. s. w. Von Gallenbestandtheilen kommen im Kothe vor: Hydrobilirubin, (Vaulair und Masius, Jaffé), Taurin (?), Choloidinsäure und Dyslysin (Frerichs, Lehmann, Kühne), Cholsäure (Hoppe-Seyler, Bidder und Schmidt, Drechsel); von unveränderten Gallenbestandtheilen findet man höchstens das Biliverdin (Lehmann) und Glycocholsäure (Hoppe).

Im Meconium findet man: Epithelzellen, Fett, Fettsäuren, Cholestearin, unbekannte wachsartige Stoffe, Gallenfarbstoffe, ziemlich viel Asche und freie fette Säuren. Ferner enthält das Meconium Bilirubin und Biliverdin und Gallensäuren, aber kein Hydrobilirubin und kein Lecithin, ebenso wenig Milchsäure, Glycogen, Traubenzucker, Leucin, Tyrosin, Peptone. In der Asche findet man viel schwefelsaure Salze, sodann Chlorverbindungen, phosphorsaure Salze u. s. w. Auf folgenden Umstand ist noch aufmerksam zu machen: die pflanzensauren Salze in der Nahrung erscheinen ebenso wie die Verbindungen der Magnesia mit organischen Säuren (Milchsäure, Bernsteinsäure), Chlormagnesium, schwefelsaure Magnesia, selbst Tripelphosphate theilweise im Kothe als kohlensaure Salze wieder (Magawly).

Die quantitative Zusammensetzung des Kothes ist sehr verschieden. Die nachfolgenden Analysen geben über diese Verhältnisse einigen Aufschluss:

1. Roger fand folgende Zusammensetzung:

	Pferd	Rind	Schwein	Schaf
Wasser	772,5	824,5	771,3	564,7
Feste Stoffe	227,5	175,5	228,7	435,3
Salze	30,4	26,7	85,0	58,7

Zierl fand:

	Pferd	Kuh	Schaf
Wasser	690	750	670
Nahrungsreste	202	141	140
Sonstige Stoffe	108	105	190

Liebig fand an Asche beim Pferd 1,3, Rind 1,5, Schaf 1,3, Schwein 3,7 pCt.

Die Kothasche zeigte nach Roger folgende Zusammensetzung:

(Siehe Tabelle Seite 847.)

Der Gehalt des Kothes an Nährstoffen im Verhältniss zum Gehalte der Nahrung zu denselben ergiebt sich aus Folgendem:

100 Theile Hafer enthielten im natürlichen Zustande:

12,1 Eiweiss 10,6 Faser 59,5 Kohlehydrate;

100 Theile Pferde-Hafer-Koth im natürlichen Zustande:

1,0 Eiweiss 9,2 Faser 18,0 Kohlehydrate;

	Pferd	Rind	Schwein	Schaf
Chlornatrium	0,03	0,23	0,89	0,14
Kali	11,30	2,91	3,60	8,32
Natron	1,98	0,98	3,44	3,28
Kalk	4,63	5,71	2,03	18,15
Magnesia	3,84	11,47	2,24	5,45
Eisenoxyd	1,44	5,22	5,57	2,10
Phosphorsäure	10,22	8,47	5,39	9,40
Schwefelsäure	1,83	1,77	0,90	2,69
Kohlensäure	—	—	0,60	Spuren
Kieselerde	62,40	62,54	13,19	50,11
Sand	—	—	61,37	—
Manganoxyduloxyd	2,13	—	—	—

100 Theile Gerste im natürlichen Zustande:

10,7 Eiweiss 6,0 Faser 67,0 Kohlehydrate;

100 Theile Schweine-Gerste-Koth im natürlichen Zustande:

4,0 Eiweiss 6,1 Faser 13,3 Kohlehydrate.

Es sind demnach beim Pferd ca. 90 pCt., beim Schwein 62 pCt. der Eiweissstoffe und 70 pCt. und 80 pCt. der Kohlehydrate des Futters verdaut und resorbirt worden, während die Faser entweder gar nicht (beim Schwein) oder zum nicht nennenswerthen Theil (beim Pferd) durch die Verdauungssäfte angegriffen und gelöst erscheint. Es kann nun in der That Hafer- und Gerstencellulose ihrer Härte wegen unverdaulich sein, während Heucellulose als die weichere, zartere verdaut wird, wie folgende Aufstellung zeigt, es enthalten:

100 Theile Wiesenheu im natürlichen Zustande:

9,1 Eiweiss 26,8 Faser 49,0 Kohlehydrate;

100 Theile Pferde-Wiesenheu-Koth im natürlichen Zustande:

2,0 Eiweiss 8,8 Faser 10,8 Kohlehydrate;

100 Theile Wiesenheu im natürlichen Zustande:

8,2 Eiweiss 24,0 Faser 50,0 Kohlehydrate;

100 Theile Schaf-Wiesenheu-Koth im natürlichen Zustande:

2,8 Eiweiss 8,7 Faser 13,8 Kohlehydrate.

Vom Wiesenheu werden beim Pferd und beim Schaf nicht nur die Eiweissstoffe und Kohlehydrate bei ihrem Durchgang durch den Darmkanal von den Verdauungssäften gelöst, sondern auch die sogenannte Heucellulose bis über 60 pCt.

Das Ergebniss der Unverdaulichkeit der Hafer- und Gerstenfaser kann aber auch herbeigeführt sein durch Anschoppung der schwerer als die übrigen Bestandtheile des Futters verdaulichen Faser im unteren (hinteren) Theile des Darmkanales, wo dann der Koth prozentisch reicher an Faser sich zeigt.

Die obigen, aufgeführten Beispiele sollten nur (ohne Anstellung complicirter Berechnungen) illustriren, wie weit das Futter auf seinem Gange durch den Thierleib an seinen für die Ernährung wichtigsten Stoffen (Eiweiss und Kohlehydrate) ausgenutzt wird, wie wenig davon durch den Kothabsatz für das Thier verloren geht. Denn es ist klar, dass, wenn man in exacter Weise die Verdauungsgrössen für die Nährstoffe

eines Futters ermitteln will, dass alsdann die täglichen Gesammteinnahmen an Futter gegenüber zu stellen sind den täglichen Gesammtausgaben an Koth. Hierfür haben die zahlreichen Ausnutzungsversuche, angestellt auf den landwirthschaftlichen Versuchsstationen, Belege zur Genüge gegeben, sodass es überflüssig erscheint, hier noch weitere Beispiele der Art aufzuführen; der Koth mit seinen chemisch definirten Bestandtheilen dient als sicheres Merkmal für die geringere oder grössere Verdaulichkeit der Nahrung.

VI. Die Gesammtverdauung einer Mahlzeit.

Ueber die Frage, wie viel von den in einer Mahlzeit aufgenommenen Nährstoffen in einer bestimmten Zeit verdaut werden, existiren unsere eigenen an Pferden und Schweinen und die von Schmidt-Mühlheim und von uns an Hunden angestellten Untersuchungen. Für den Menschen liegen keine bestimmten Versuche vor. Die von uns an Wiederkäuern vorgenommenen Untersuchungen lieferten deshalb keine brauchbaren Ergebnisse, weil eine Durchmischung der mit mehreren Mahlzeiten eingenommenen Nahrungsmittel nicht zu vermeiden war. Man konnte wohl feststellen, wie weit die Verdauung an jedem Nahrungsmittel in dem betreffenden Darmabschnitte, woselbst es sich befand, vorgeschritten war, nicht aber wie weit gerade die vor einer bestimmten Anzahl Stunden verabreichten Nahrungsmittel verdaut waren. Die nachstehend anzugebenden Versuchsresultate geben keine absolut richtigen Zahlen, weil die im Nahrungsschlauche vorhandenen, der Secretion des Thierkörpers entstammenden Stoffe nicht genau quantitativ und qualitativ bekannt sind und weil es nicht zu vermeiden ist, dass kleine Reste früherer Mahlzeiten sich mit den Stoffen der Versuchsmahlzeit mischen. Die dadurch bedingten Ungenauigkeiten sind aber so wenig erheblich, dass wir dieselben unberücksichtigt lassen können.

1. Bei Schweinen, die 700—1000 *g* Hafer bei einer Mahlzeit erhielten, waren von den damit eingeführten Nährstoffen verdaut:

2	Stunden	nach	der	Mahlzeit	50	pCt.	Eiweiss	u.	44	pCt.	N-freie Stoffe
3	»	»	»	»	50	»	»	»	48	»	»
4	»	»	»	»	66	»	»	»	48	»	»
6	»	»	»	»	63	»	»	»	52	»	»
10	»	»	»	»	70	»	»	»	62	»	»
22	»	»	»	»	75	»	»	»	68	»	»

Dabei ist zu beachten, dass 22 Stunden nach der Mahlzeit dieselbe besser ausgenutzt sein würde, wenn eine zweite Mahlzeit nachgegeben worden wäre, weil die noch im Magen liegenden Stoffe dann nach dem Dünndarme verschoben und dort gründlicher verdaut worden wären. Diesen Angaben sei noch beigefügt, dass man im Dickdarme der Schweine 12,9—14 pCt. Eiweiss und 19—23 pCt. N-freie Stoffe der Nahrung ungelöst vorfindet.

2. Bei Schweinen, welche mit geschälten Kartoffeln gefüttert wurden, waren von der eingeführten Stärke verdaut:

2 Stunden nach der Mahlzeit	. . .	31,2 pCt.
$3^1/_2$ » » » »	. . .	54,0 »
$6^1/_2$ » » » »	. . .	77,0 »

3. Bei Schweinen, welche mit gekochtem und gehacktem Fleische gefüttert wurden, waren verdaut:

1 Stunde nach der Mahlzeit	. . . .	23 pCt
2 Stunden » » »	. . . .	25 »
3 » » » »	. . . .	32 »
4 » » » »	. . . .	40 »
5 » » » »	. . . .	50 »
8 » » » »	. . . .	82 »
12 » » » »	. . . .	88 »

4. Bei 3 Versuchspferden, welche 12—14 Stunden nach der Mahlzeit von Hafer, Häcksel und Heu getödtet wurden, waren verdaut 49—75 pCt. Eiweiss und 23—40 pCt. N-freie Stoffe.

5. a) Ein Pferd hatte in 3 Tagen in der Nahrung 1974 *g* Eiweiss und 9883 *g* N-freie Stoffe erhalten. 10 Stunden nach der letzten Fütterung waren davon verdaut 90 pCt. Eiweiss, 72,2 pCt. N-freie Stoffe und 30 pCt. Cellulose.

b) Bei einem 2. Pferde, welches 3045 *g* Eiweiss und 14 700 *g* N-freie Stoffe in 4 Tagen erhielt und 12 Stunden nach der letzten Mahlzeit getödtet wurde, waren verdaut 86,7 pCt. Eiweiss, 73,0 pCt. N-freie Stoffe und 30,4 pCt. Cellulose.

c) Ein drittes Pferd hatte in 4 Tagen 2792 *g* Eiweiss und 13 100 *g* Kohlehydrate erhalten. 12 Stunden nach der letzten Mahlzeit waren 88,8 pCt. Eiweiss, 72,0 pCt. N-freie Stoffe und 47 pCt. Cellulose verdaut.

6. Bei Hunden, welche mit Fleisch gefüttert wurden, fand Schmidt-Mühlheim verdaut:

1 Stunde nach der Mahlzeit	. . .	14,0 pCt.
2 Stunden » » »	. . . .	48,0 »
4 » » » »	. . . .	57,0 »
6 » » » »	. . . .	67,8 »
9 » » » »	. . .	85,5 »
12 » » » »	. . . .	96,5 »

7. Bei Hunden, die mit nach italienischer Art oberflächlich gekochtem Reis gefüttert wurden, fanden wir an Stärke verdaut:

nach 1 Stunde	. 8,0 pCt;	nach 5 Stunden	. 80,3 pCt.
» 2 Stunden	. 24,0 »	» 6 »	. 87,8 »
» 3 »	. 47,4 »	» 8 »	. 98,0 »
» 4 »	. 72,0 »	» 10 »	. 98,4 »

Celluloseverdauung. Durch frühere und unsere neueren Versuche ist dargethan worden, dass im Darmschlauche des Pferdes ca. 30—40 pCt., in dem des Rindes ca. 30—70 pCt., des Schafes ca. 50 pCt., des

Schweines ca. 20—50 pCt., des Hundes und des Menschen 0 pCt. der aufgenommenen Cellulose verschwinden (Henneberg, Stohmann, Sussdorf, Haubner). Wir haben auch dargethan, dass die Darmflüssigkeiten (nicht die reinen Drüsensecrete) in 2—3 Tagen bedeutende Mengen (bis 60 pCt.) Cellulose aufzulösen vermögen (Hofmeister). Auf Grund unserer Versuche müssen wir annehmen, dass im Magen und Dünndarme nur Spuren von Cellulose verdaut werden können, weil bei normaler Fütterung die Nahrungsmittel im Magen und gesammten Dünndarme nur kurze Zeit verweilen, und weil der saure Magensaft keine Wirkung auf Cellulose ausübt. Als Ort der eigentlichen Celluloseverdauung beim Pferde müssen das Coecum und das ventrale Colon, beim Rinde die Vormägen und der Dickdarm bezeichnet werden. Im Endabschnitte des Colon und im Rectum ist der Inhalt schon zu trocken geworden, als dass ausgiebige Gährungsprocesse daselbst ablaufen könnten.

Seit Haubner's, Stöckhardt's, Stohmann's, Henneberg's etc. Untersuchungen ist allgemein angenommen worden, dass die gelöste Cellulose zu einem bedeutenden Theile als Nährstoff in das Blut aufgenommen und im Körper verwendet werde, dass also Cellulose ein Nährstoff sei. Tappeiner's Versuche, durch welche festgestellt wurde, dass im Darm Gährungen ablaufen, welche die Cellulose unter Bildung von CH_4, von Essig- und Buttersäure lösen, lassen Zweifel an dieser Ansicht aufkommen. Weiske hat in neuester Zeit die Frage, ob Cellulose ein Nährstoff sei, direkt verneint. Nach unserer Ansicht ist diese Frage noch keineswegs, namentlich nicht für Thiere, die in Zeiten der Hungersnoth nur wenig andere Nährstoffe, sondern wesentlich Cellulose als Nahrung erhalten, gelöst. Tappeiner's Versuche beweisen, dass die Cellulose der Sumpfgasgährung verfallen kann und dass dieselbe im Verdauungsschlauch theilweise thatsächlich in Sumpfgas übergeht. Es ist damit aber nicht dargethan, dass die gesammte gelöste Cellulose zu Sumpfgas wird und dass dieses Gas für den Körper werthlos ist.

Wir beobachten bekanntlich im Magen und Darm eine sehr lebhafte Milchsäuregährung des Zuckers, glauben aber trotzdem keineswegs, dass der gesammte Zucker, welcher im Darmkanale verschwindet, zu Milchsäure wird, sondern nehmen an, dass ein Theil auch als Zucker resorbirt wird. Ebenso wird ein Theil des Pepton zu Skatol, Indol, Phenol u. s. w., aber nicht Alles, vielmehr nur das, was vorher nicht zur Resorption gelangt. Ebenso mag es sich mit der Cellulose verhalten.

Es ist wohl möglich, dass die Cellulose zu Sumpfgas wird, wenn sie überflüssig ist, während sie im gelösten Zustande resorbirt wird, wenn sie nöthig ist. Die Cellulose geht wahrscheinlich zunächst in eine zuckerähnliche, lösliche Modification über, welche theilweise resorbirt wird und theilweise der Sumpfgasgährung verfällt. Die Resorptionskraft des Darmkanals entscheidet darüber, ob viel oder wenig Cellulose

zu Sumpfgas wird, wie sie auch darüber entscheidet, ob viel oder wenig Eiweiss verfault.

Der Procentsatz der bei der Verdauung verschwindenden Cellulose ist ungemein verschieden. Wenn viel Nährstoffe in der Nahrung vorhanden sind, wird wenig oder gar keine Cellulose verdaut; je weniger Nährstoffe mit der Nahrung eingeführt werden, um so mehr Cellulose wird gelöst. Bei Schweinen, die wir mit Hafer fütterten, wurde z. B. keine Cellulose verdaut.

Nach meiner Meinung muss die ganze Frage der Celluloseverdauung und des Nährwerthes der Cellulose so lange noch dunkel bleiben, bis man genauer, als dies jetzt der Fall ist, weiss, was unter Cellulose zu verstehen ist.

Die über die Geschwindigkeit der Verdauung im Vorstehenden gemachten Zahlen sind nur unter normalen Verhältnissen zutreffend. Wenn den Thieren zu viel Getränk gegeben wird, oder wenn die Thiere nach dem Fressen zur Arbeit verwendet werden, oder wenn sie zu viel Nahrung aufgenommen haben, dann ist die Verdauung bedeutend verlangsamt.

Aus den vorstehend über die vorschreitende Verdauung gemachten Zahlenangaben ist ersichtlich, dass derselbe Nährstoff ganz verschieden rasch verdaut wird, je nach dem Nahrungsmittel, in welchem er verabreicht worden ist. Danach spricht man von der **Verdaulichkeit** der Nahrungsmittel. Man versteht darunter die Leichtigkeit, mit welcher die Verdauungsorgane einen bestimmten Stoff zur Resorption vorbereiten (Lehmann) oder die Kürze der Zeit, nach welcher der fragliche Stoff der Resorption verfällt. Natürlich werden bei der Beurtheilung eines Nahrungsmittels auf seine Verdaulichkeit alle sonstigen influirenden Umstände als gleich gedacht, wie z. B. die Zubereitungsweise, die Form der Verabreichung, das Verdauungsvermögen der Individuen etc.

VII. Ausnutzung der Nahrungsmittel.

Dieses Kapitel wird in den Lehrbüchern über Gesundheitspflege und Diätetik eingehend besprochen. Deshalb soll dieser Gegenstand an dieser Stelle nur flüchtig berührt werden; dies kann um so mehr geschehen, als in dem Kapitel »Stoffwechsel« das Wesentlichste schon abgehandelt worden ist. Die Nährstoffe kommen hier nicht in Frage, sondern nur die Nahrungsmittel. Wenn die Nährstoffe, Eiweiss, Kohlehydrate, Fette, für sich allein oder in den naturgemässen Nahrungsmitteln verabreicht werden, dann werden sie fast vollständig verdaut. Die Mineralsalze und das Wasser der Nahrung werden je nach dem Bedürfniss des Organismus benutzt oder mit dem Kothe ausgeschieden.

Ueber die Ausnutzung bestimmter Nahrungsmittel entscheidet nicht blos die Natur derselben, also die Art und Weise, wie die Nährstoffe in ihnen enthalten, ob letztere stark oder schwach oder gar nicht von Hüllen umgeben sind u. s. w., sondern vor Allem anch das sogenannte Verdauungsvermögen der Thiere. Dieses hängt wesentlich ab von der

anatomischen und histologischen Einrichtung des Verdauungsapparates, von der Menge und Beschaffenheit der secernirten Verdauungssäfte, von der Art des Kaugeschäftes, von etwaigen besonderen physiologischen Functionen, z. B. dem Wiederkauen u. dergl. — Bei Thieren mit kurzem, engem Darm ohne grössere Ausbuchtungen und ohne besondere Apparate (Hunde, Katzen) gehen die Nahrungsmittel rasch durch den Verdauungsschlauch hindurch; schwer verdauliche Dinge können deshalb nicht verdaut werden; diese Thiere brauchen also eine leicht verdauliche, wenig voluminöse, wenig unverdauliche Stoffe enthaltende Nahrung. Thiere, die eine sehr voluminöse, schwer verdauliche Nahrung mit viel unverdaulichen Stoffen verdauen können, besitzen einen langen und weiten Verdauungsschlauch, an dem sich oft noch besondere Vorrichtungen, wie die Vormägen der Wiederkäuer, das grosse Coecum der Einhufer u. s. w. befinden.

Sowohl für die Verdauung der Amylaceen, als für die der Eiweisskörper ist der Verdauungsapparat besonders construirt. Thiere, welche naturgemäss eine an Amylum reiche Nahrung aufnehmen, besitzen Vormägen oder ähnliche Einrichtungen (Wiederkäuer, Pferd) oder gewaltige Cardiadrüsenregionen am Magen (Schwein), d. h. besondere Anhänge am Magen, woselbst keine Säure secernirt wird, also Stärke verdaut werden kann. Bei den Fleischfressern fehlen diese Magenabschnitte; dagegen ist bei ihnen die die Salzsäure liefernde Magenregion vergrössert.

Die über das Verdauungsvermögen der pflanzenfressenden Hausthiere und der Schweine vorliegenden Arbeiten stammen meist aus den landwirthschaftlichen Versuchsstationen. Die betreffendcn Bearbeiter verstehen unter Rohfaser Alles, was bei der Behandlung der Futtermittel mit Kalilauge oder verdünnten Säuren zurückbleibt und unter Rohfett Alles aus der Trockensubstanz mit Aether Extrahirbare. Hieraus ergiebt sich, dass in diesen Arbeiten die chemischen Körper nicht scharf bestimmt sind. Immerhin ersieht man aus denselben annähernd die Ausnutzung der Nahrungsmittel. Genau kann dieselbe überhaupt nicht bestimmt werden, da sich im Kothe Substanzen befinden, die nicht mit der Nahrung eingeführt wurden, vielmehr aus dem Thierkörper stammen, z. B. Galle, Pancreassaft, Darmschleim, Darmepithelien u. s. w. Demnach werden thatsächlich die Nahrungsmittel besser ausgenutzt, als dies nach den vorliegenden Zahlen der Fall zu sein scheint.

Ueber den aus dem Körper stammenden Stickstoff liegt z. B. eine Arbeit von Rieder vor; er fütterte einen Hund, der längere Zeit gehungert hatte, mit Stärke und Fett; er schied bei einer Aufnahme von 70—80 *g* 0,11 und bei einer Aufnahme von 140 *g* Nahrung 0,22 N pro die aus. Bei N-freier Nahrung liefert der Mensch 0,54 bis 0,87 N pro die (bei Ernährung mit Fleisch und Eiern 0,6—1,2 *g*, Rubner). Wir selbst haben den Stickstoffgehalt der einzelnen Darmabschnitte bei N-freier Nahrung bestimmt. Wir fanden bei Pferden:

im Magen	0,6—1,40	pCt.	Eiweiss,
» Dünndarm	0,28—1,06	»	»
» Coecum	0,65—1,90	»	»

Bei Schweinen:

im Magen . . . . . . 0,35 pCt. Eiweiss,
» Dünndarm . . . . 4,80 » »
» Coecum . . . . . . 0,47 » »

Auch von Goldschmidt liegen Untersuchungen über dieses Gebiet vor.

Das Rauhfutter wurde von Ochsen nach Henneberg und Stohmann wie folgt ausgenutzt:

	Eiweiss pCt.	Rohfaser pCt.	N-freie Extraktstoffe und Fett pCt.
Haferstroh	49	55	44
Weizenstroh	26	52	39
Bohnenstroh	51	36	62
Kleeheu	51	39	67
Wiesenheu	60	60	67

Die Ausnutzung ist abhängig vom Zusatz anderer Nährstoffe; Henneberg und Stohmann sahen, dass ein Zusatz von Amylum dieselbe minderte, während ein Zusatz von Fett und Oel die Ausnutzung der Eiweissstoffe und der Faser erhöhte. Jeder Zusatz leicht verdaulicher Nährstoffe (Zucker, Amylum, Eiweiss) bedingt Abnahme der Ausnutzung des Rauhfutters.

Die Körnerverdauung hat Weiske an 2 Kälbern studirt. Die Kälber nutzten die Nahrungsmittel wie folgt aus:

Hafer	Lein.	Roggen	Buchweizen
91,4 pCt.	58,2 pCt.	94,6 pCt.	36,3 pCt.
94,5 »	57,4 »	94,9 »	36,7 »

Das Schaf nutzt ähnlich aus wie das Rind. Zusatz von Stärke und Zucker zur Nahrung setzten die Ausnutzung des Rauhfutters bedeutend herab, während dies bei Zusatz von Eiweiss nur unwesentlich geschah (Schulze und Märker). Oelzusatz befördert die Verdauung von Eiweiss und Nfreien Nährstoffen. Kartoffelstücke wurden zu 80 pCt. verdaut, Fleischmehl zu 95 pCt und Blutmehl zu 62 pCt. der Eiweisskörper (Wildt).

Das Pferd nutzt Wiesenheu viel weniger aus als das Rind. Von verabreichtem Hafer werden nach Wolff verdaut: vom Rohprotein 79,36, vom Fett 70,45, von der Faser 20,06 und von den Nfreien Stoffen 74,05 pCt.

Das Schwein verdaut pflanzliche und animalische Nahrung; die Rohfaser wird unter Umständen zu 50 pCt. gelöst (Weiske). Von der Milch verdaute das Schwein: Eiweiss zu 96 pCt., Nfreie Stoffe zu 99 pCt., Aschebestandtheile zu 64,47 pCt. (Heiden).

Nach Grouven verdaut das Schwein:

Bohnen . . . . 99,8 pCt.
Erbsen . . . . 99,7 »
Hafer . . . . 93,7 »
Gerste . . . . 92,7 »
Roggen . . . . 90,7 »

Von Rückständen der Fleischextractfabrication, amerikanischem Fleisch, wurden nach Wolff verdaut:

die Eiweisskörper zu 95—99 pCt.
das Fett zu . . . 82—91 »

Die Fleischfresser nutzen das Fleisch sehr gut aus und verdauen selbst elastisches Gewebe (s. oben).

Ueber die Verdaulichkeitsverhältnisse der Futterbestandtheile der Hausthiere verweisen wir auf die bekannten Tabellen von Kühn und von Wolff und überhaupt auf die Lehrbücher der Gesundheitspflege und Diätetik.

Literatur. Die Literatur über die Verdauungssäfte [ihre Absonderung (S. 494), ihre Wirkungen (S. 759 ff.), ihre chemischen und physikalischen Eigenschaften] und über die Verdauung ist ausserordentlich reichhaltig. Wir verzichten deshalb auf eine Aufzählung der benutzten Literatur und verweisen in dieser Beziehung auf die Jahresberichte (von Virchow und Hirsch, von Schwalbe und Hoffmann, von Maly, Schmidt's Jahrbücher u. dergl.) und auf das physiologische Centralblatt. Bei Abfassung der genannten Kapitel habe ich an vielen Stellen meine eigenen resp. die in meinem Laboratorium gemachten Beobachtungen zur Basis der Darstellung gemacht. In den von mir geleiteten Laboratorien sind seit ca. 12 Jahren zahlreiche Untersuchungen über die Verdauung, die Verdauungssäfte und die Verdauungsorgane angestellt worden. Mein wesentlichster und unermüdlicher Mitarbeiter ist bei diesen Arbeiten mein hochgeschätzter College V. Hofmeister gewesen. Ausser ihm haben in unseren Laboratorien über die genannten Gegenstände gearbeitet: Baum, Brade, Edelmann, Goldschmidt, Kuhn, Kunze, Mühlbach und Noack. Die Resultate der Untersuchungen sind veröffentlicht worden in folgenden Zeitschriften: 1. Archiv für wissenschaftliche und praktische Thierheilkunde; 2. Archiv für Anatomie und Physiologie; 3. Bericht über das Veterinärwesen im Königreich Sachsen; 4. Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften; 5. Landwirthschaftliche Jahrbücher; 6. Zeitschrift für Veterinärmedicin und vergleichende Pathologie; 7. Zeitschrift für physiologische Chemie.

Die Nährstoffabsorption.

Von Ellenberger.

Die gelösten und verdauten Nährstoffe der aufgenommenen Nahrung, die Nährsalze und das Wasser des Darminhaltes gelangen im Verdauungsschlauche zum grössten Theile zur Aufsaugung und treten damit in die Säftemasse des thierischen Körpers ein.

A. Die **Absorptionswege**. Die Aufsaugung und die Abführung des Aufgesaugten erfolgt durch die Blut- und Chylusgefässe. Das Fett wird von den Chylusgefässen, alles Andere aber von den Blutgefässen aufgenommen und abgeführt (Ludwig, Schmidt-Mühlheim, v. Mering, Zawilski u. A.).

Geschichtliches. Galen nahm an, dass die zu Chylus resp. zu Milch gewordene Nahrung von den Mesenterialvenen gesammelt werde. Er beruft sich dabei

auf Erasistratus, welcher schon mit Milch gefüllte Gefässe gesehen hatte. Nachdem der, Mitte des 15. Jahrhunderts von Eustachi entdeckte Ductus thoracicus später von Pacquet von Neuem gefunden und beschrieben worden war, entdeckte 1622 Aselli zu Pavia die wirklichen Chylusgefässe (Milchadern) und constatirte, dass sie nach der Verdauung gefüllt und während des Hungerns leer seien. Es folgten dann weitere Entdeckungen von Lymphgefässen und Lymphdrüsen, durch Rudbeck, Wepfer, Bartholin, Ruysch, Fallopio, Vesling, Nuck, Hewson, Biumi, Blondlot, Cruickshank, Meckel, Lauth, J. Müller, Panizza, Brücke, Reklinghausen u. A. Nach Aselli's Entdeckung der Lymphgefässe und Harvey's Schilderung vom Kreislaufe bildete sich eine Lehre aus, nach welcher die Chylusgefässe allein die Nährstoffe aufsaugen sollten (Friedrich Hofmann (1730), Hunter (1761), Monro (1762) etc.). Diese Lehre wurde durch die experimentell festgestellten Thatsachen unterstützt, dass die Unterbindung des Ductus thoracicus den Tod der betreffenden Thiere herbeiführte (Lover, Duvernay, Astley Cooper, Flandrin, Dupuytren, Colin u. A.) und dass gefärbte Substanzen, die in den Darm eingebracht wurden, in die Chylusgefässe übergingen (Martin, Lister, Musgrave, Hunter, Haller, Seyler). Andere Forscher (Magendie (1809), Tiedemann und Gmelin, Home (1811), Lawrence, Cates, Selius, Ficinus, Bernard, Lehmann, Segalas, Panizza, Lebkuchner, Bouchardat und Sandras, C. Schmidt u. A.) berichteten aber bald über Thatsachen, welche darauf hinwiesen, dass auch die Blutgefässe an der Aufsaugung betheiligt seien. Sie fanden z. B. vielfach Stoffe, die in den Darm eingeführt worden waren, in den Blutgefässen des Mesenterium und in der Pfortader wieder, nicht aber in den Chylusgefässen; oder sie fanden die Stoffe in beiden Gefässarten u. dergl. Das Vorkommen der in den Darm eingeführten Stoffe in den Mesenterialgefässen suchten einige Autoren in der Weise zu erklären, dass sie einen directen Zusammenhang der Chylusgefässe mit der Pfortader annahmen. — Fenwick und Buisson schrieben die Nährstoffabsorption nur den Venen zu. Demgegenüber fanden aber Bischoff, Colin, Schiff u. A. eine Reihe von solchen Stoffen, die vorher im Darmkanale gewesen waren, im Chylus wieder.

In neuerer Zeit ist durch Ludwig und seine Schüler (Röhrig, Zawilski, v. Mering, Schmidt-Mühlheim u. A.) die Frage über die Wege, welche die Nährstoffe bei und nach der Aufsaugung nehmen, gelöst worden. Das wesentlichste Resultat der Untersuchungen gipfelt in dem Satze, dass das Fett wesentlich oder nur durch die Chylus- und Lymphgefässe, alles Andere durch die Blutgefässe (Pfortader) aufgesaugt wird.

v. Mering stellte fest, dass die Lymphe und der Chylus schon normaliter, selbst bei 24stündigem, ja sogar bei 6tägigem Hungern, Zucker enthält (Chauveau, Krause) und dass dieser Zuckergehalt sich bei Kohlehydraternährung nicht steigert, während der Zuckergehalt des Pfortaderblutes, welcher beim Hungern und bei Fleischnahrung ebenso gross ist, als der des Carotidenblutes, bei Ernährung mit Kohlehydraten steigt und höher wird als dieser. Aus diesen Thatsachen folgt, dass der Zucker durch die Pfortader und nicht durch die Chylusgefässe abgeführt wird. Im Lebervenenblute steigt der Zuckergehalt nicht, weil der Zucker in der Leber in Glycogen umgewandelt und in dieser Form hier abgelagert wird (s. S. 544). Das Lebervenenblut und überhaupt das Blut des ganzen Körpers enthält 0,05—0,15 pCt. Zucker und selten mehr als 0,2 pCt. Die Leber sorgt dafür, dass nicht zu viel Zucker im Blute auftritt.

Die Ergebnisse der Ginsberg'schen Beobachtungen stimmen mit denen Mering's überein. Auch neuere Versuche von J. Munk bestätigen, dass der Zucker

von den Blutgefässen absorbirt wird. Nur ein kleiner Theil, noch nicht 1 pCt. der aufgenommenen Kohlehydrate, gelangt in die Lymphe.

In Bezug auf die Absorption der im Magendarmschlauch vorhandenen Eiweisskörper wissen wir durch die Untersuchungen von Schmidt-Mühlheim, dass dieselbe bei völliger Absperrung des Chylus von den Blutgefässen ebenso gut stattfindet als bei freier Bahn, und dass das Blut gefütterter, nicht aber das hungernder Thiere bei Absperrung der Chylusbahnen Pepton enthält. Aus diesen Thatsachen schliesst Schmidt-Mühlheim, dass die Chylusgefässe gar kein Eiweiss aufsaugen, dass vielmehr die Blutbahnen die einzigen Abzugswege für das Eiweiss sind. Diese Schlussfolgerung wird noch gestützt durch die Beobachtung, wonach der Eiweissgehalt des Chylus während der Verdauung nicht steigt (J. Munk u. A.), wie dies früher von Lehmann u. A. behauptet wurde. Der Chylus enthält ca. 2 pCt. Eiweiss weniger als das Blut. Sein Eiweissgehalt ist während des Hungerns und während der Verdauung derselbe (Schmidt-Mühlheim). Der Peptongehalt des Blutes schwankt zwischen 0,028 und 0,55 pCt. (Schmidt-Mühlheim, F. Hofmeister).

Das Fett wird zum grössten Theile von den Chylusgefässen absorbirt und kann im Chylus zu 8—15 pCt. auftreten. Nach Zawilski und Eysoldt sollen kleine Mengen Fett auch von den Blutgefässen aufgesaugt werden. Wenn die Blutgefässe überhaupt am Fetttransport betheiligt sind, dann führen sie zweifellos nur ganz geringe Mengen Fett ab. Das Carotidenblut und das Pfortaderblut lassen bei demselben Thiere auch denselben Fettgehalt erkennen (Heidenhain).

Nach den vorstehend angeführten Thatsachen kann es keinem Zweifel unterliegen, dass nicht nur die Chylus-, sondern auch die Blutgefässe, und zwar in sehr erheblichem Maasse, den Darminhalt aufsaugen. Die Chylusgefässe absorbiren hauptsächlich die schwer löslichen, quellbaren und emulgirten Bestandtheile des Darminhaltes; sie vermögen morphologische Dinge, Fettkörnchen, Zinnoberkörnchen und dergl. aufzunehmen, während die Blutgefässe nur Flüssigkeiten aufsaugen können. Man kann sich das Verhältniss der Blut- und Chylusgefässe zu einander wie folgt vorstellen: Die gelösten Stoffe des Darminhaltes gelangen durch Zellthätigkeit in das Hohlraumsystem (Saftkanalsystem u. s. w.) der Darmschleimhaut, also in Räume, in denen die Chylusgefässe wurzeln. Es tritt nun lebhafte Diffusion zwischen der imbibirten Flüssigkeit und dem Blute ein. Diejenigen Stoffe, die dabei nicht in die Blutgefässe übertreten, also in den Chylusgefässwurzeln zurückbleiben, gelangen in die Chylusgefässe und werden in ihnen weiter geführt.

B. **Mechanismus der Absorption.** Bei der Nährstoffabsorption gelten dieselben Gesetze wie bei der allgemeinen Resorption in den Geweben (s. 690). Es kann als zweifellos angesehen werden, dass die Nährstoff-Absorption (die Aufnahme der gelösten Nährstoffe in die Darmschleimhaut) im Wesentlichen das Ergebniss der Wirkung besonderer Mechanismen ist, die im Darmkanale, resp. in und an der Darmwand angebracht sind, dass dieselbe aber durch Filtrations-, Diffusions- und Imbibitionsvorgänge unterstützt wird. Diese laufen namentlich innerhalb der Darmschlingen, also erst dann ab, wenn die Nährstoffe bereits in die Schleimhaut aufgenommen worden sind. Da das in der Darmwand reichlich und lebhaft kreisende Blut eine andere Zusammensetzung besitzt, z. B. weniger Zucker und weniger milchsaure und andere Salze und weniger Wasser enthält als der Darminhalt, so müssen Diffusionsvorgänge statthaben. Diese werden durch den schwammartigen Bau und die damit gegebene, leichte Imbibirbarkeit der Darmschleimhaut

befördert. Auch die Vorgänge der Filtration sind regelmässig zu beobachten; der Druck in den Wurzeln der Chylusgefässe ist ein geringerer als der Druck, unter welchem der Darminhalt, namentlich während der peristaltischen Bewegungen, steht. Die Saugkraft der Blutgefässe tritt überraschend stark hervor, wenn der Blutdruck in der Darmwand durch irgend welche Verhältnisse herabgesetzt und dadurch ein grösserer Unterschied zwischen ihm und dem in der Darmhöhle herrschenden Drucke geschaffen wird. Auch die active Contraction der Zotten- und der sonstigen Schleimhautmuskulatur dürfte Filtrationsvorgänge herbeiführen.

Es gab eine Zeit, in welcher man die Nährstoffabsorption nur als eine nach den bekannten Gesetzen erfolgende Diffusion resp. Osmose hinzustellen suchte. Diese Anschauung hat sich als eine irrige erwiesen; die Gesetze der Endosmose erklären nicht alle Absorptionsvorgänge; sie erklären namentlich nicht die Aufsaugung der Eiweisskörper, der Fette und der Peptone (Adamkiewicz, Maly, Röhmann, Gumilewski u. A.). Zur Erklärung dieser Vorgänge ist die Heranziehung anderer Ursachen erforderlich.

Man denke an folgende Thatsachen: 1. Von gelösten Substanzen (Traubenzucker, Rohrzucker, Stärke, Pepton) wird in der zweiten Stunde weniger absorbirt als in der ersten, während die Resorption des Lösungswassers bei Zucker- und Peptonlösungen zu- und bei Stärkelösungen abnimmt (Röhmann). 2. Das Darmepithel ist für manche gelöste Substanzen ganz undurchgängig (für viele Farbstoffe u. s. w.) und für andere schwer durchgängig (Serumeiweiss, Hühnereiweiss), während dieselben Substanzen durch die Wandung von Blutcapillaren und durch andere Membranen leicht durchgehen. 3. Trotzdem die Darmepithelien manchen gelösten Substanzen den Durchtritt verwehren, gestatten sie denselben dem unlöslichen Fett. Diesen und vielen anderen Thatsachen gegenüber musste die Lehre von der Aufsaugung auf dem Wege der Osmose unhaltbar werden.

Als resorbirende Apparate im Darmkanale betrachtet man: das Darmepithel, die Darmzotten und die in der Darmwand reichlich vorhandenen Leucocyten.

a) **Das Darmepithel.** Im Darmepithel finden sich zwei Zellarten. Die eine Art, die Becherzellen, die übrigens im Ileum bedeutend häufiger sind als im Iejunum, halte ich, Letzerich entgegen, für secretorische Zellen. Die andere Art characterisirt sich durch cylindrische Gebilde, die an beiden Grundflächen offen sind, während die Seitenwand vielleicht eine Mantelmembran besitzt. An der dem Darminhalt zugekehrten Fläche sitzen kleine Stäbchen (Steinach, Brettauer, Brücke u. A.). Das Nähere über den Bau dieser Zellen findet man in der Histologie. Diese Zellen sind für die Aufsaugung sehr wichtig und unentbehrlich. Wenn das Darmepithel fehlt oder krankhaft verändert ist, oder wenn die Zellen etwa durch Gifte oder andere Umstände getödtet worden sind, hört die Absorption auf. Das Epithel ist viel wichtiger als die Zotten; die letzteren können fehlen, ohne dass die Aufsaugung sistirt; selbst Fett wird an solchen Stellen aufgesaugt,

wo keine Zotten vorkommen; niemals kann dies ohne das Vorhandensein der Epithelzellen geschehen.

Die aufsaugende Kraft der Epithelzellen hängt offenhar von ihren chemischen und physicalischen Eigenschaften ab; zweifellos aber müssen diese Zellen bei der Aufsaugung auch activ als lebende Organismen betheiligt sein (Thanhoffer, Gelei, Fortunatow, Edinger, Hoppe-Seyler, Landois, Regeczy, Ballags, Mastras, Wiedersheim, Wiener, Heidenhain u. A.).

Worin die active Betheiligung der Zellen besteht, ist noch zweifelhaft. Wahrscheinlich handelt es sich um einfache Contractionen des Zellleibes. Thanhoffer, Fortunatow u. A. betrachten die Stäbchen als activ bewegliche Pseudopodien,

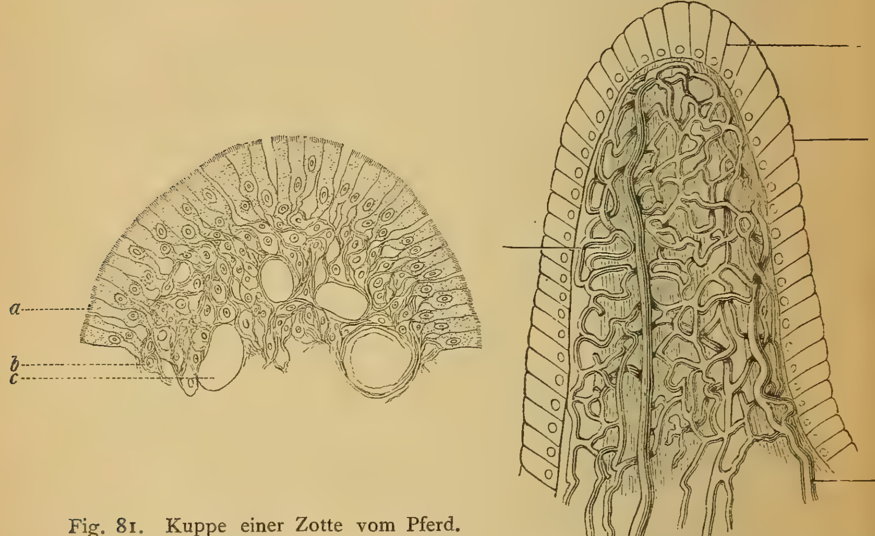


Fig. 81. Kuppe einer Zotte vom Pferd. *a* Epithel, *b* Netzwerk der Zotte mit den pericellulären Räumen, *c* grössere Räume im Netzwerk.

Fig. 82. Blutgefässe einer Darmzotte (Schenk).

welche die gelösten Stoffe und die festen Körperchen, namentlich die Fettkörnchen, in den Zellleib hineinfächeln. Da der Zellleib nicht blos gegen die Darmhöhle, sondern auch gegen die Zottensubstanz hin offen ist, so können die in die Zellen gelangten Substanzen leicht in das Zottengewebe hineinbefördert werden. — Dass die Epithelzellen Fetttröpfchen aufnehmen und transportiren, ist zweifellos. Dagegen ist es fraglich, ob dies auch mit anderen Körnchen, wie Zinnober und dergl. der Fall ist. Die meisten Autoren verneinen dies. Karmin und Tusche in den Darm gebracht, wird von den Zellen der Peyer'schen Haufen in grosser Menge aufgenommen. Die Wanderung dieser Körnchen soll ohne Hülfe von Wanderzellen stattfinden (Wassilieff-Kleimann). Die Fettkörnchen scheinen sogar reizend auf die Epithelzellen zu wirken. Bei fettreicher Nahrung fliesst die Lymphe rasch, bei fettarmer langsam (Hoppe-Seyler). Ersteres kann nur die Folge einer gesteigerten Thätigkeit der Epithelzellen beim Vorhandensein von viel Fett sein.

Einige Autoren glauben, dass bei der Aufsaugung auch die eine Art der Drüsen-

zellen der Lieberkühn'schen Drüsen betheiligt sei (F. Hofmeister u. A.). Ich halte dies für unwahrscheinlich, weil man niemals Darminhalt in diesen Drüsen, deren Zellen übrigens viel Mitosen erkennen lassen, findet (Paneth, Heidenhain).

b) Die Darmzotten (Fig. 81 u. 82). Das Zottengewebe stellt ein schwammartiges Maschenwerk dar, in dessen unter einander communicirenden Hohlräumen Zellen (Leukocyten, Phagocyten u. s. w.) derart sitzen, dass pericelluläre Räume frei bleiben, in denen sich Flüssigkeit befindet. In dem Schwammwerk steigt die Arterie bis zur Zottenspitze und löst sich dann in ein absteigendes Capillarsystem auf, aus welchem nahe der Zottenbasis Venen entspringen. In der Zottenaxe liegt ein grösserer, cylindrischer Hohlraum (bei manchen Thierarten mehrere), welcher abwärts in Chylusgefässe führt (Goodsir, Basch, Brücke, Reklinghausen, His, Thanhoffer u. A.) und durch zahlreiche Oeffnungen seiner Wand mit dem ihn umgebenden Hohlraumsystem der Zotte communicirt (Heidenhain, Balog, Eimer, Thanhoffer).

Aus Vorstehendem folgt, dass sich der Zellleib der Epithelzellen, dessen periphere Schicht an das Stützgewebe der Zotte befestigt ist, in das Hohlraumsystem der Zotte öffnet, und dass dieses in den Centralkanal führt.

Um den Axenkanal herum liegen Bündel glatter Muskelfasern, die vom Stratum fibrosum entspringen, parallel mit der Zottenaxe verlaufen und in Bindegewebsfädchen (Sehnen) ausgehen, welche sich unter dem Epithel der Zottenkuppel und an der Seitenwand der Zotte mit kegelförmig verbreiterten Enden befestigen. Bei den Carnivoren kommt eine zweite Muskelschicht vor, die peripher von der aufsteigenden Arterie liegt; sie besteht ebenfalls aus längsgerichteten Faserbündeln, die gegen die Zottenkuppel hin einen schrägen oder queren Verlauf annehmen (Graf Spee, Mall, Henle u. A.). Die Muskelfasern der Zotte stehen zum Theil mit Bindegewebsfasern in Verbindung, die von ihnen quer zur subepithelialen Schicht der Zotte verlaufen (Heidenhain).

Die aus dem Axenkanal entspringenden Chylusgefässe führen in ein die Drüsen und Follikel umspinnendes Gefässnetz und von diesem in submucöse, reichlich mit Klappen versehene grössere Chylusgefässstämme.

Die Thätigkeit der Zotte bei der Aufsaugung schilderte man früher wie folgt: Nachdem sich die Zotte vollgesaugt hat, contrahirt sich die Zottenmuskulatur und treibt unter Verkleinerung des Axenraumes den Chylus in die Chylusgefässe, welche den Rücktritt desselben durch die in ihnen vorhandenen Klappen hindern.

Nun erschlafft die Muskulatur, die Blutgefässe der Zotte füllen sich wieder an, erigiren die Zotte und bedingen dadurch eine Erweiterung des ganzen Hohlraumsystems derselben, in welchem mithin ein negativer Druck entsteht, welcher zur Aufsaugung von Flüssigkeit führen muss. Die Aufsaugung sollte also zum Theil ein Filtrationsvorgang sein.

Nach der neueren Anschauung (Graf Spee, Heidenhain u. A.) findet der Vorgang in anderer Weise statt. Bei der Contraction der

Zottenmuskulatur wird die Zotte kürzer und runzelig an der Oberfläche, ihr Epithel wird in der Längsrichtung comprimirt, in der Querrichtung gedehnt, ihr Centralkanal erweitert. Sobald die Verkürzung der Zotte einen gewissen Grad erreicht hat, spannen sich quere, senkrecht zur Zottenaxe gerichtete Bindegewebsfäden an, die sich theils an der Wand des Axenkanales (Chylusgefässes), theils an der subepithelialen Grenzschicht, theils an der Oberfläche der Muskelbündel inseriren. Die letzteren erhalten die Muskelbündel in der Lage, während die anderen, die quer vom Epithel zum Axenkanal gehen, den Zottenraum erweitern, weil das Epithel dem Zuge grösseren Widerstand leistet als die Wand des Axenkanales. Die Erweiterung des centralen Zottenraumes bedingt eine Druckabnahme in demselben, während im Uebrigen die Anspannung der Bindegewebsfäden zu einer Druckerhöhung im Zottenparenchym führt. Sonach fliesst die Flüssigkeit aus dem Parenchym in den Axenkanal.

Sobald die Muskelcontraction nachlässt, streckt sich die Zotte durch Wiederausdehnung des elastischen Epithels und Ausgleichung der Epithelfalten (Streckwirkung des Zottenepithels), durch Anfüllung und Streckung der bei verkürzter Zotte geschlängelten Blutgefässe, durch die Elasticität der gedehnten, queren Gerüstfäden, durch den Druck des einströmenden Blutes und durch die Contraction der Darmmuskulatur, d. h. durch peristaltische Bewegung. Jede peristaltische Bewegung führt zur Streckung der Zotte und zur Verengerung ihres Innenraumes in Folge des gegenseitigen Drucks der Zotten aufeinander.

Sonach stehen Zotten- und Darmmuskulatur im Antagonismus; die erstere führt zur Erweiterung, die letztere zur Verengerung des Axenkanales. Bei der Streckung der Zotten sinkt der Druck im Zottenparenchym, sodass dasselbe zur Aufsaugung geeignet wird; bei der Verkürzung steigt der Parenchymdruck, wodurch die Flüssigkeit in den Centralkanal getrieben wird.

Das Zottenendothel (Wand des Centralkanales) ist derart eingerichtet, dass es bei der Zottenverkürzung durchgängig für den Eintritt von Flüssigkeiten und bei der Streckung undurchgängig für den Rücktritt derselben in das Zottengewebe wird (Grützner).

Die unter dem Stratum granulosum befindliche, dem Stratum musculare mucosae aufliegende Membrana elastica (Strat. fibrosum) wirkt befördernd auf den Flüssigkeitsstrom in den sie durchbohrenden Gefässen (Mall), namentlich dadurch, dass sich die Zottenmuskulatur an ihr inserirt.

Die Triebkraft, welche die Flüssigkeit in die Chylusgefässe treibt, muss eine bedeutende sein. Dies ergiebt sich daraus, dass bei Unterbindung des Duct. thoracic. die Darmschleimhaut normal bleibt, trotzdem sich dabei die grossen Gefässstämme colossal ausdehnen und ausgebreitete Infiltrationen und Oedeme in der Nachbarschaft auftreten (Schmidt-Mühlheim). Die Triebkräfte in der Schleimhaut sind also bedeutend genug, den Chylus selbst dann bis hinter die Klappen der

submucösen Gefässe zu treiben, wenn der Widerstand in den grossen Gefässen ein bedeutender ist.

c) **Leucocyten**. In der Darmschleimhaut findet man viele Leuco- und Phagocyten. Einige Autoren (Zawarikin, Wiedersheim u. A.) glauben, dass die Leucocyten eine wichtige Rolle bei der Aufsaugung spielen. Dieselben sollen zwischen den Epithelzellen durch bis an die Oberfläche der Schleimhaut wandern, sich dort mit Fett beladen und dasselbe dann in den Chylusraum transportiren. Dieser Ansicht kann ich mich nicht anschliessen. Ich habe oft viel Fett in den Epithelien und zwischen den Leucocyten im Zottengewebe gefunden; ausserdem kommen gerade beim Hungern, bei Pilocarpininjectionen, bei Bittersalzverabreichung, also bei Zuständen, bei denen von einer Aufsaugung nicht die Rede ist, die Leucocyten reichlich im Darm vor; endlich muss ich betonen, dass die Körnchen, die man in den Körnchenzellen (d. h. den scheinbar mit Fettkörnchen beladenen Leucocyten) findet, keine Fett-, sondern Eiweisskörnchen sind. Natürlich findet man auch einzelne Leucocyten, die Fettkörnchen enthalten. Dieser Befund beweist aber nichts. Die Thätigkeit der Leucocyten bei der Aufsaugung ist unbekannt.

Nach F. Hofmeister nehmen sie das Pepton auf und verwandeln dasselbe in Eiweiss. Nach meiner Meinung dürften sie auch auf die Chylusbewegung durch ihre amöboide Gestaltänderung einen geringen Einfluss ausüben.

d) Hoppe-Seyler glaubt, dass bei der Resorption in allererster Linie solche chemische Verwandtschaften in Betracht kommen, welche durch das Zellleben bedingt werden; es werden dabei die Zellen selbst verändert und event. verbraucht.

e) Ein Einfluss des Nervensystems auf die Absorption ist nicht mit Sicherheit zu constatiren (Budge, Moreau, Landois). Bei Exstirpation der grossen sympathischen Bauchganglien (Budge) und bei Durchschneidung der Mesenterialnerven (Moreau) ist allerdings der Darminhalt sehr flüssig und sehr reichlich; es ist aber fraglich, ob diese Erscheinung auf vermehrter Secretion oder verminderter Resorption beruht. – Bei Durchschneidungen der Medulla oblongata und spinalis will man lebhafte Bewegungen am Stäbchensaum der Epithelzellen gesehen haben (Thanhoffer).

Makroskopische Erscheinungen der Chylusresorption und des Chylustransportes Bei fetthaltiger Nahrung erscheinen zunächst die Zotten nach dem Vollsaugen weiss; sehr rasch wird, während sich auch die solitären Follikel und Peyer'schen Haufen mit Fett füllen, ein Netz von Milchgefässen subserös sichtbar; dann füllen sich die Mesenterialgefässe mit einer milchigen Flüssigkeit; sie sehen dann weiss, gelblichweiss oder auch grau und opak aus; die Lymphdrüsen, an denen je ein Netz der vasa afferentia und der vasa efferentia sichtbar ist, enthalten einen milchigen Saft, welchen sie beim Anstechen entleeren. Bald füllt sich auch die Lenden-Cysterne und der Duct. thoracicus. Die Injection der Mesenterialgefässe erfolgt Schlinge nach Schlinge mit dem Vorrücken des Chymus im Darmkanale. 5 bis 6 Stunden nach der Mahlzeit sind alle Gefässe (am wenigsten die des Duodenum und Ileum) gefüllt. Nach 12—18 Stunden lässt die Füllung bei Hunden nach. Auch die Chylusgefässe des Dickdarms füllen sich mit der Fettemulsion. —

C) **Die resorbirende Fläche.** Die resorbirende Fläche reicht von der Cardia bis zum After und beträgt nach Colin beim Pferde 15, beim Rinde 17, beim Schweine 3, beim Hunde 0,5, bei der Katze 0,12 *qm* ohne Beachtung der durch die Zotten bedingten Oberflächenvergrösserung.

1. **Der Magen.** Die Oberfläche des Magens verhält sich zu der des Darms beim Pferd wie 1 : 30, beim Rind wie 1 : 7,6, beim Schwein wie 1 : 13,2 und bei Hund und Katze wie 1 : 3,3.

Der Magen absorbirt viel schlechter als der Dünndarm; immerhin saugt der Magen der einmagigen Thiere (Schwein, Hund, Katze, Kaninchen) nicht unerhebliche Mengen von Zucker, Pepton, Wasser (Magendie), Salzen, dabei aber sehr wenig Fett auf (Smith, Anrep, Kölliker, Matrai u. A.). Wässerige Lösungen (z. B. von Strychnin) werden bedeutend langsamer als alkoholische aufgenommen (Tappeiner).

Die Nahrungssalze werden verhältnissmässig rasch absorbirt, am besten Magnesiumcarbonat und überhaupt saure Carbonate, am wenigsten Chloride; die Sulfate stehen in der Mitte. Säuren beschleunigen die Aufsaugung, während CO_2 die Magenentleerung befördert (Jaworski).

Ueber die Absorption des Zuckers im Froschmagen bei abgebundenem Pylorus bemerkt Meade Smith, dass bei gleicher Aufenthaltsdauer die Aufsaugungszeit mit der Concentration wächst, und dass dieselbe um so langsamer wird, je mehr sich der Zucker im Magen durch die abgesonderten Säfte verdünnt. Je mehr resorbirt wird, und je concentrirter die Zuckerlösung ist, je mehr wird secernirt. Der Magen enthält stets mehr Flüssigkeit, als mit dem Wasser eingeführt wurde, und secernirt an Gewicht mehr Wasser, als er Zucker aufsaugt. Auch bei der Eiweissaufsaugung, die nur langsam erfolgt, füllt sich der Magen mit Flüssigkeit. Das verdaute Eiweiss (Pepton) wird vom Magen vollständig aufgesaugt, wenn der Abfluss nach dem Darm gehindert ist. Da dem Blute Pepton fehlt, so sind die Bedingungen für den Eintritt von Diffusionsvorgängen gegeben. In Bezug auf die Fettaufsaugung im Magen sind die Meinungen noch getheilt. Klempner und Scheurlen fanden, dass der Magen keine Oleinsäure absorbirt, obwohl Fettspaltungen in ihm vorkommen. Von neutralem Olivenöl wurden im Magen in mehreren Stunden $1^1/_2$ pCt. Fettsäuren abgespalten. — Ueber die Aufsaugungskraft des Magens giebt folgender Versuch Aufschluss:

500 *g* Milch, also eine Flüssigkeit, die alle Nährstoffe enthält, wurden in den am Pylorus abgebundenen Magen gebracht. Nach 25 Minuten war die Hälfte der Milch verschwunden

Bouchardat und Sandras hatten angenommen, dass der Magen das Hauptaufsaugungsorgan sei. Ueberhaupt schrieb man früher dem Magen in dieser Richtung eine höhere Bedeutung zu, als er thatsächlich hat (Magendie, Bidder und Schmidt, Busch u. A.). —

Die Schleimhaut des Schlundes und der Mund- und Rachenhöhle absorbirt sehr wenig Nährstoffe; dies ist auch mit dem Vormagen des Pferdes und den Vormägen der Wiederkäuer der Fall. Eine künstliche Ernährung vom Vorderdarm aus erscheint mir ausgeschlossen.

Der **Pferdemagen** resorbirt, wie die Versuche mit Extract. und Tinct. strychni und mit Ferrocyankalium ergeben, langsam und wenig, weil seine Oesophaguspartie eine cutane Schleimhaut besitzt und weil die andere Partie nur sehr klein und dabei

noch mit einer dicken Schleimdecke belegt ist, die wenig oder nichts durchlässt (Colin, Perosino, Brauell, Blondlot u. A.).

In den **Vormägen der Wiederkäuer** wird nur wenig absorbirt. Wenn daselbst lebhafte Aufsaugung stattfände, dann würde wegen Eintrocknung des Inhaltes das Wiederkauen unmöglich werden. — Die im Psalter stattfindende Eintrocknung des Inhaltes wird nicht durch Wasseraufsaugung, sondern durch andere Ursachen (Abfliessen der Flüssigkeit und Auspressen derselben durch Psaltercontraction) bewirkt; meine Versuche haben gelehrt, dass die Psalterwand nur wenig absorbiren kann.

Der **Labmagen** der Wiederkäuer, dessen Oberfläche in Folge von Faltenbildungen der Schleimhaut 5 mal grösser ist als die des Drüsenmagens des Pferdes, absorbirt lebhafter wie der Pferdemagen, aber nicht so gut wie der Magen des Hundes (Colin, Bouley). Er absorbirt gut: Wasser, Alkohol, spirituöse Lösungen, Nicotin u. s. w.; Curare nimmt er nicht auf.

Für den Magen des Hundes und den des Schweines gelten die oben gemachten Darlegungen; sie absorbiren verhältnissmässig gut. Der **Hundemagen** absorbirt bei abgebundenem Pylorus Zucker und Pepton gut. Von 10—35 *g* eingeführten Zuckers waren in $1^1/_2$—2 Stunden 35—78 pCt. und von dem eingebrachten 2—13 *g* Syntonin und Pepton 23—33 pCt. verschwunden. Bei diesen Versuchen blieb der Säuregehalt des Mageninhaltes immer derselbe, er schwankte von 0,16—0,19 pCt. Milchsäure trat nicht auf.

Bei Parese (Ruhe) des Magens der Einhufer und Wiederkäuer sinkt die Absorption fast auf Null. — Gegen Ansteckungsstoffe verhält sich der Magen sehr verschieden. — Von Bedeutung für die Aufsaugung im Magen ist sein Füllungszustand; bei nüchternem Magen werden die meisten Medicamente (ausgenommen z. B. Eisen und Alcaloide) rascher aufgesaugt als bei vollem Magen. Ca. 3—4 Stunden nach der Mahlzeit werden die in den Magen eingebrachten Medicamente bedeutend rascher absorbirt als unmittelbar nach der Mahlzeit.

Wir haben Versuche über das Aufsaugungsvermögen des Magens anzustellen versucht, ohne den Magen am Pylorus abzubinden. Durch diese Versuche ist aber nur bewiesen worden, wie viel Procente von den Nährstoffen der in den Magen eingeführten und dort verbliebenen Nahrungsmittel nach einer bestimmten Zeit verschwunden waren. Die nachstehenden Angaben beziehen sich bei den pflanzlichen Nahrungsmitteln keineswegs darauf, wie viel von den mit der Nahrung aufgenommenen Nährstoffen im Magen überhaupt fehlten, sondern darauf, wie viel von den Nährstoffen derjenigen Nahrungsmittel fehlten, die den Magen noch nicht verlassen hatten, vielmehr in demselben verblieben waren (s. S. 834).

Bei Schweinen waren von den Nährstoffen des im Magen verbliebenen Hafers verschwunden:

	N-haltige Stoffe pCt.	N-freie Stoffe pCt.
2 Stunden nach der Mahlzeit . . .	40,5	42,4
3 » » » » . . .	46,8	52,0
4 » » » » . . .	64,7	50,0
6 » » » » . . .	62,4	50,0
10 » » » » . . .	66,5	62,0
22 » » » » . . .	75,0	65,0

Bei einer Kartoffelmahlzeit waren von der in den Kartoffeln enthaltenen Stärke

2 Stunden nach der Mahlzeit . . .	4,5 pCt.	aus dem Magen verschwunden.
4 » » » » . . .	34,0 »	
$6^1/_2$ » » » » . . .	69,7 »	

Bei einer Fleischmahlzeit waren von dem mit dem genossenen Fleische eingeführten Eiweiss:

1 Stunde nach der Mahlzeit . . .	9,5 pCt.	aus dem Magen verschwunden.
2 Stunden » » » . . .	27,7 »	
4 » » » » . . .	32,3 »	
5 » » » » . . .	40,0 »	
8 » » » » . . .	83,0 »	
12 » » » » . . .	87,8 »	

Aus dem Pferdemagen waren bei Fütterung mit Hafer von den Nährstoffen der im Magen verbliebenen und nicht nach dem Darm übergegangenen Haferkörner verschwunden:

	N-haltige Stoffe pCt.	N-freie Stoffe pCt.
$1^1/_2$—$2^1/_2$ Stunden nach der Mahlzeit	19—34	13—16
$3^1/_2$—$4^1/_2$ » » » »	29—39	23—28
$6^1/_2$ » » » »	49	43
8—12 » » » »	64	81—59
10—12 » » » »	31—64	22—40

Bei Hunden waren bei Fütterung mit Fleisch von dem damit genossenen Eiweiss aus dem Magen verschwunden:

1 Stunde nach der Mahlzeit	9,0 pCt.
4 Stunden » » »	52,4 »
2 » » » »	41,3 »
6 » » » »	64,3 »
9 » » » »	80,0 »
12 » » » »	99,6 »

2. Der Darmkanal. Der Dünndarm absorbirt sehr lebhaft. Seine Schleimhaut zeigt durch die Zottenbildung eine bedeutende Oberflächenvergrösserung; sie ist reich an oberflächlich liegenden Gefässen und Capillaren und besitzt besondere, die Absorption fördernde Vorrichtungen (s. S. 857).

Auf 1 *qcm* Darmschleimhaut stehen beim Hunde 1600 Zotten; auf den oberen 2 Dritteln jeder Zotte befinden sich 30 Capillaren mit einem Durchmesser von je 0,0008, also einem Gesammtdurchmesser von 0,0024 *cm*. Die Länge des oberen Zottenantheiles beträgt 0,04 *cm*, sonach die gesammte Oberfläche 4,6 *qcm*. Die Absorptionsfläche der Zotten ist also 4—5 mal grösser, als die Basis, auf der sie stehen.

Der Dünndarm absorbirt: Fette, Fettsäuren, Seifen, Zucker, milchsaure Salze, Dextrin, Pepton, Leimpepton, natives Eiweiss, organische Säuren, Fäulnissproducte, Indol, Phenol, Gallenbestandtheile, Medicamente, Gifte, Farbstoffe, Riechstoffe u. s. w. Im Allgemeinen absorbiren die proximalen (oralen) Abschnitte des Dünndarmes die Nährstoffe (Zucker, Pepton) besser, als die distalen (analen); unter gewissen Um-

ständen tritt aber ein Ausgleich ein (Landois, Lépine). Die Gallensäuren werden proximal nicht, wohl aber distal resorbirt (Tappeiner). Die Absorption von Wasser ist grösser, als die Secretion von Darmsaft.

Wie die Aufsaugung mit der Verdauungszeit vorschreitet, beweisen unsere Versuche. Wir fanden im Dünndarm die Absorption der Nährstoffe von der 3. bis 22. Verdauungsstunde zunehmend von 65 bis 80 pCt. der N-haltigen und von 58 bis 70 pCt. der N-freien Stoffe (Ellenberger und Hofmeister).

Im Dickdarm ist die Aufsaugung geringer als im Dünndarm. Er absorbirt besonders Wasser und Salze; dass aber auch Nährstoffe, (natives Eiweiss, Pepton, Zucker, Fette, Kochsalz, Muskelacidalbumin u. s. w.) aufgenommen werden können, beweist schon die Wirksamkeit der Nährklystiere (Leube, Brasser, Bauer, Voit, Eichhorst, Czerny, Latschenberger).

Im Blinddarm des Pferdes waren bei unseren Versuchen von den mit der Mahlzeit aufgenommenen N-haltigen Nährstoffen 10 Stunden nach der Aufnahme 88 und von den N-freien 74, und 22 Stunden nach der Aufnahme 94 pCt. absorbirt. Da aber im Dünndarm von den N-haltigen Nährstoffen schon ca. 80, von den N-freien ca. 60—70 pCt. aufgenommen waren, so kann die Resorptionsthätigkeit des Blinddarmes nur als eine geringgradige bezeichnet werden. Andere von uns angestellte Versuche zeigten, dass von den mit Hafer, Heu, Häcksel eingeführten Nährstoffen im Dickdarm des Pferdes 2, 4, 5, 13 und einmal sogar 20 pCt. absorbirt wurden (Ellenberger und Hofmeister). Dass der Dickdarm viel Wasser aufsaugt, ergiebt sich schon daraus, dass beim Pferde der Wassergehalt des Cöcuminhaltes ca. 90 pCt. und der des Kothes nur 65 – 75 pCt. beträgt.

Manche toxische und virulente Substanzen wirken vom Magen und Darm aus nicht, weil dieselben z. Th. chemisch verändert, z. Th. aber auch nicht absorbirt werden.

Die Gesammtabsorption im Magen und Darm des Pferdes erstreckte sich beim Pferde bei einem Versuche auf 82 *kg*; das aufgenommene Futter und Wasser betrug mit den Verdauungssäften 114 *kg*, die Excremente wogen 32 *kg* (Colin). Bei einem Pferde, welches in 3 Tagen in der Nahrung 1974 *g* Eiweiss und 9883 *g* N-freie Stoffe aufgenommen hatte, waren 10 Stunden nach der letzten Mahlzeit absorbirt: 74 pCt. Eiweiss, 72 pCt. N-freie Stoffe und 30,5 pCt. Cellulose. Bei 2 anderen Pferden, die in 4 Tagen 2800—7000 *g* Eiweiss und 13 000—14 700 *g* N-freie Stoffe in dem Futter erhalten hatten und 12 Stunden nach der letzten Mahlzeit geschlachtet wurden, waren absorbirt 77—81 pCt. der aufgenommenen Eiweisskörper und 72—73 pCt. der N-freien Stoffe.

D) **Das Absorptionsmaterial.** Zur Absorption gelangen Wasser, Salze, Kohlehydrate, Fette und Eiweisskörper.

1. Wasser. Vor noch nicht langer Zeit wurde die Aufsaugung von Wasser als ein rein osmotischer Vorgang betrachtet. Gegenwärtig aber nimmt man besondere, bei der Aufsaugung wirksame Kräfte an, die an den lebenden Zustand der Epithelzellen gebunden sein sollen. Sie hängt also von chemischen und physicalischen Vorgängen ab, die in den Zellen ablaufen und Veränderungen an den Zellen, resp. in ihrer Umgebung bedingen. Wahrscheinlich saugen die schwammähnlichen Zellen das Wasser auf und drücken es, indem sie sich contrahiren, nach den Blutgefässen hin wieder aus.

Für die Diffusionstheorie lassen sich eine ganze Reihe von Gründen anführen: der Reichthum des Blutes an Eiweiss, das hohe endosmotische Aequivalent der Eiweisskörper, der rasche Wechsel des Blutes in der Darmwand und vieles Andere. Demgegenüber aber ist für die Annahme besonderer, in den Epithelzellen gegebener Kräfte die Thatsache ausschlaggebend, dass die Wasserbewegung in und durch die lebende Darmwand ausserordentlich viel schneller erfolgt als unter ähnlichen Bedingungen im Dutrochet'schen Endosmometer. Diffundirt im Endosmometer Wasser gegen Blut, dann ist die Wasserbewegung 29mal langsamer als im Darm.

Der Zustand der Epithelzellen entscheidet über die Aufsaugung; gewisse Verhältnisse steigern die aufsaugende Thätigkeit der Zellen, andere mindern sie und wieder andere veranlassen die Zellen, umgekehrt Wasser vom Blute zum Darm zu transportiren.

Dass lebendige Kräfte bei der Wasseraufsaugung betheiligt sind, scheint mir auch aus der Thatsache der ausserordentlichen Verschiedenheit der Aufsaugungsfähigkeit verschiedener, einander ähnlich gebauter Häute hervorzugehen.

Die von Heidenhain, Mall, Röhmann u. A. über die Schnelligkeit der Absorption gemachten Beobachtungen und Berechnungen sollen nur theilweise angeführt werden. Es geht aus denselben hervor, dass 1 *qcm* Schleimhautfläche, auf der sich 2500 Zotten mit einer Gesammtoberfläche von ca. 15—24 *qcm* befinden, 8—16 *cbmm* Flüssigkeit in der Minute absorbiren. Eine Zotte (mit 0,939 *qmm* Oberfläche) absorbirt also in der Minute 0,0064 *cbmm*. — 1 *qcm* resorbirende Fläche absorbirt 0,7 *cbmm* Wasser in der Minute. Die Flüssigkeit braucht, um durch das Epithel hindurch in die Blutgefässe zu gelangen, ungefähr 5 Minuten.

Das Wasser geht intra- und interepithelial durch die Epithelschicht durch und tritt in die Blutgefässe ein. In die Chylusgefässe gelangt von demselben wenig oder nichts. Das in diesen enthaltene Wasser dürfte als Lymphwasser, als Parenchymsaft der Darmschleimhaut, aufzufassen sein; es stammt also indirect aus den Blutgefässen. Die Aufsaugung des Wassers durch die Blutgefässe erklärt sich wohl aus der oberflächlichen Lage des dichten Capillarnetzes, aus dem grossen Reichthum des Blutes an Eiweiss und aus dem raschen Wechsel des Blutes.

Für die Annahme, dass das Wasser nicht in die Chylusgefässe eintritt, spricht auch die Thatsache, dass die Chylusbewegung während der Verdauung nicht gesteigert ist und dass auch die Lymphmenge während der Verdauung nicht erheblich zunimmt. Ausserdem hat Heidenhain die Abfuhr des Wassers, welches er in den Darmkanal einbrachte, durch die Blutgefässe direct nachgewiesen.

2. Salze. Die Aufnahme der Salzlösungen in das Blut resp. in den Chylus sollte nach früheren Anschauungen ebenso wie die des Wassers nach den Gesetzen der Osmose erfolgen. Viele in neuerer Zeit bekannt gewordene Thatsachen drängen jedoch auch hier zur Annahme besonderer vitaler Kräfte. Da es feststeht, dass bei der Aufsaugung der Salze und anderer in Wasser gelöster Stoffe nicht das endosmotische Aquivalent dieser Körper entscheidet, so muss man annehmen, dass die Epithelzellen je nach dem Bedürfnisse des Organismus eine Auswahl unter den im Darminhalte enthaltenen Substanzen treffen.

Beim Vorhandensein von gleich viel Glaubersalz und Zucker im Darm bleiben von letzterem nur Spuren, von ersterem erhebliche Mengen zurück (Röhmann), trotzdem Glaubersalz besser diffundirt als Zucker. — Chlornatriumlösungen werden im concentrirten Zustande besser absorbirt als verdünnte. Lösungsmittel und gelöste Substanz werden oft unabhängig von einander aufgesaugt; bei ClNa-Lösungen von 0,5 pCt. und darunter wird das Wasser schneller als das Salz und bei stärkeren Concentrationen das Salz schneller als das Wasser absorbirt (Gumilewski). — Kalk wird zu 19 bis 87 pCt. absorbirt (Forster).

3. Die gelösten Kohlehydrate. Die Kohlehydrate werden wesentlich in Form des Zuckers (Maltose, Traubenzucker), der Dextrine und der milchsauren Salze absorbirt. Die Aufnahme des Zuckers, der ein verhältnissmässig hohes endosmotisches Aequivalent hat, erfolgt langsam und zwar theilweise nach den Gesetzen der Endosmose. Ebenso ist dies mit den Dextrinen und den milchsauren Salzen der Fall. Zweifellos kommen aber auch die anderen oben genannten Ursachen der Absorption in Betracht.

Man hat sowohl im Chylus, als in der Lymphe, als im Blute Traubenzucker (Tiedemann, Gmelin, Bernard, Lehmann, Krause, Genserich, Poiseuille Lefort, Goubler, Querenne, v. Mering), Milchsäure (v. Mering) und in ganz geringen Mengen zuweilen auch Rohrzucker (Bernard, Hoppe-Seyler) gefunden. Auch Dextrine müssen im Blute sein, da beim Kochen mit Schwefelsäure der Zuckergehalt des Pfortaderblutes zunimmt (Naunyn).

Der Zuckergehalt des Blutes steigt, wenn das Thier Kohlehydrate aufnimmt (C. Schmidt, v. Becker). Diese Steigerung ist aber keine bedeutende, weil die Leber den Zucker zurückhält und in Glycogen umwandelt. Alles, was wir bis jetzt wissen, weist darauf hin, dass der Zucker von den Blutgefässen abgeführt wird. Hierfür spricht vor Allem die Thatsache, dass im Chylus und in der Lymphe auch beim Hungern und bei Fleischnahrung und zwar ungefähr eben so viel Zucker als bei Amylaceennahrung enthalten ist (s. vorn); die Zuckeraufnahme findet mithin von den Blutgefässen statt (s. vorn). Nur wenn sehr viel Zucker in den Darm eingeführt wird, dann resorbiren auch die Chylusgefässe und steigt der Zuckergehalt des Chylus.

Der gewöhnlich im Chylus enthaltene Zucker stammt aus der Lymphe (dem Bluttranssudate) und nicht aus dem Darminhalte (v. Mering). v. Wittich nimmt an, dass auch die Chylusgefässe (Centralkanal und Zottenraum) Zucker absorbiren, dass derselbe aber rasch in das fortwährend wechselnde Blut diffundirt.

Die Aufsaugung des Zuckers steigt wie die des Peptons mit der Concentration und nimmt ab mit der Versuchsdauer (Funke, v. Mering).

Unsere über die Aufsaugung der Kohlehydrate angestellten Untersuchungen hatten folgende Resultate:

Bei einer Fütterung mit Hafer wurden die aufgenommenen stickstofffreien Stoffe von Schweinen in folgender Weise absorbirt:

2 Stunden nach der Mahlzeit waren absorbirt . .	42,2 pCt.
3 » » » » » » . .	46,4 »
4 » » » » » » . .	46,7 »

6 Stunden nach der Mahlzeit waren absorbirt	. .	51,0 pCt.
8 » » » » » »	. .	58,6 »
12 » » » » » »	. .	62,0 »
22 » » » » » »	. .	68,0 »

Bei Fütterung von Kartoffeln an Schweine waren von der aufgenommenen Stärke aufgesaugt:

2 Stunden nach der Mahlzeit	. . . .	21 pCt.
4 » » » »	. . . .	49 »
6½ » » » »	. . . .	75 »

Bei 3 Pferden waren von allen während 3—4 Tagen mit der Nahrung aufgenommenen N-freien Substanzen 10—12 Stunden nach der letzten Mahlzeit absorbirt 71—72 pCt.

Bei Fütterung mit Reis an Hunde waren von der aufgenommenen Stärke absorbirt:

1 Stunde nach der Mahlzeit	. . .	7,4 pCt.
2 Stunden » » »	. . .	22,9 »
3 » » » »	. . .	43,7 »
4 » » » »	. . .	67,5 »
8 » » » »	. . .	98,0 »
10 » » » »	. . .	98,3 »

Funke und Becker, welche Zucker in abgebundene Darmschlingen einspritzten, fanden, dass die Resorptionsgrösse von der Concentration der Zuckerlösung und von der Grösse der Berührungsfläche direct abhängig ist und dass sie mit der Zeitdauer abnimmt.

4. Fette und Fettseifen. a) Die Absorption der Fettcomponenten. Die Anschauung einzelner Autoren (Perewoznikoff, Will, Grünhagen u. A.) geht dahin, dass alles Fett in Form seiner Componenten, der verseiften Fettsäuren und des Glycerins, aufgenommen werde. Gegen diese Theorie scheint aber die Thatsache zu sprechen, dass im Dünndarm nur ganz geringe Mengen und im Magen meist gar keine Seifen gefunden werden (v. Frey, Casch, v. Walther). Man nimmt deshalb an, dass nur ein Theil des Fettes in Gestalt der Componenten aufgesaugt wird, während das andere als Neutralfett zur Aufsaugung gelangt. An der Absorption der Fettcomponenten betheiligen sich Blut- und Chylusgefässe. Die Thatsache, dass im Chylus und Blute stets nur sehr geringe Mengen Fettsäuren gefunden werden, erklärt sich daraus, dass sich die Fettsäuren und das Glycerin unmittelbar vor, während oder unmittelbar nach der Aufsaugung wieder zu Fett vereinigen (Casch, Will, Müller, Parewoznikoff, Röhmann, Radziewski). —

Durch J. Munk ist ferner dargethan worden, dass bei Verabreichung von Fettsäuren, neben sonstiger fettfreier Nahrung, im Chylus Neutralfette auftreten, dass also im Organismus aus den Fettsäuren auf synthetischem Wege Fett wird. v. Walther, der im Ludwig'schen

Laboratorium arbeitete, bestätigt die Munk'schen Angaben; er hat aber weiterhin auch festgestellt, dass die Umwandlung der Fettsäuren in Fette im Dünndarm erfolgt, so dass dieser bedeutende chemische Vorgang also der Aufnahme des Fettes in die Zotten vorausgeht. — Durchaus zweifelhaft aber bleibt es, ob alle Fettsäuren diese Umwandlung im Dünndarm durchmachen, oder ob nicht ein bedeutender Theil derselben als saures Fett in die Blutgefässe aufgenommen oder auf anderem Wege oder in anderer Form abgeführt wird. — Im Chylus findet man nämlich von den aus dem Magen und Darm verschwundenen Fettsäuremengen nur verhältnissmässig wenig wieder. Es waren z. B. von 100 *g* verabreichten Fettsäuren im Verlaufe von 5 Stunden aus dem Magen und Dünndarm 40—50 *g* verschwunden, aber nur ca. 4 *g* durch den Chylus abgeführt worden. Der grösste Theil der Fettsäuren muss also auf anderen Bahnen als durch die Chylusgefässe abgeführt werden. Von diesen Fettsäuren ist es unbekannt, ob sie im verseiften Zustande, oder als saures Fett, oder als Neutralfett absorbirt werden.

b) Die Absorption des Neutralfettes. Das Fett gelangt in Form von Emulsionen, in denen sich auch Fettseifen finden können, zur Aufsaugung. Die Gegenwart von Galle ist hierbei deshalb nothwendig, weil diese die Darmwand (indem sie diese resp. die Oberfläche der Zellen befeuchtet) für Fette benetzbar macht und weil sie die Emulgirung der Fette begünstigt. Auch der eiweisshaltige Bauchspeichel ist für die Fettabsorption wichtig, weil er die Fetttröpfchen mit einem Eiweissmantel (Haptogenmembran) umgiebt und den Adhäsionsmangel derselben zu wässerigen Flüssigkeiten aufhebt (Kühne).

Exstirpation des Pancreas bedingt fast gänzliches Sistiren der Fettaufsaugung (Minkowski). Milch wird aber auch bei Abwesenheit von Pancreassaft gut absorbirt. Cash behauptet, dass das Ausschalten des Pancreas der Fettaufsaugung nicht schaden könne, weil der Magensaft allein von den eingeführten Fetten die zu den Emulsionirungen im Darm nöthigen geringen Fettsäuremengen abspalten könne und abspalte.

Ueber die Bedeutung der Galle für die Fettresorption s. S. 790.

Das Fett wird nicht auf dem Wege der einfachen Filtration aufgenommen; sonst müsste ein directes Verhältniss zwischen Fett- und Wassergehalt bestehen; dieses ist aber nicht der Fall (Ludwig, Zawilsky). Für die Fettaufnahme müssen also besondere Mechanismen thätig sein.

Ueber die Art der Fettabsorption, namentlich über die Wege, die das Fett sowohl in der Epithelschicht als in dem Zottenparenchym nimmt und über die Gebilde, welche die Fetttröpfchen aufnehmen, sind die Ansichten getheilt: die meisten Autoren glauben, dass das Fett durch die Epithelzellen geht (Goodsir 1842, Heidenhain, Brücke, Thanhoffer, Funke, Grünhagen, Ludwig und viele Andere); Watney dagegen behauptet, dass es sich nur zwischen den Epithelzellen bewege; andere Forscher nehmen an, dass es beide Wege einschlage; wieder andere lehren, dass das Fett nur von den Leucocyten aufgenommen werde (Zawarykin) oder dass diese wenigstens die regelmässigen Vermittler seien und dass nur im Nothfalle, bei Gegenwart von zu

viel Fett, die Epithelzellen bei der Fettaufsaugung betheiligt seien (Schäfer, Eysoldt).

Ueber die Wege des Fettes in den Zotten lauten die Anschauungen wie folgt: 1. das Fett geht durch ein System anastomosirender Bindegewebskörperchen zum Chyluskanal (Eimer, Thanhoffer); 2. das Fett geht in den Trabekeln der Zotte (Basch, Brandt); 3. das Fett wird durch die Leucocyten transportirt (Zawarykin, Schäfer, Stöhr, Wiemer). Ueber die Wege in den Gefässen geht die Ansicht der meisten Autoren dahin, dass nur die Chylusgefässe das Fett abführen, während andere auch den Blutgefässen einen Antheil am Fetttransport zuschreiben (Bruch, Eysoldt, Zawilsky). Wir folgen in der nachstehenden Schilderung den neuen Darlegungen Heidenhain's.

Die Lehre von der Aufnahme des Fettes durch die Leucocyten ist unhaltbar. Dies ergiebt sich aus zahlreichen Beobachtungen (s. S. 862). Es sei gestattet, hier auf einen Punkt besonders hinzuweisen. Man findet in der Darmschleimhaut oft grosse Massen von eosinophilen Körnchenzellen, die den Eindruck machen, als ob sie mit Fettkörnchen gefüllt seien und die oft eine grosse Aehnlichkeit mit Colostrumkörperchen und Fettkörnchenzellen erkennen lassen. Diese Zellen habe ich im Jahre 1879 entdeckt und genau untersucht und dabei mit Sicherheit festgestellt, dass die in den Zellen vorhandenen Körnchen keine Fettkörnchen sind. Heidenhain, welchem meine Untersuchungen nicht bekannt gewesen sind, ist bei seinen neuerlichen Untersuchungen dieser Zellen zu demselben Resultate gekommen.

Die Aufnahme des Fettes geschieht zweifellos durch die Epithelzellen. Der Hauptweg des aufgesaugten Fettes bleibt also auch der intraepitheliale. Das zuweilen zwischen den Epithelzellen befindliche Fett dürfte Rückstaufett aus den Zotten sein (v. Basch, Heidenhain). Ueber die eigentliche Art der Aufnahme der Fettkörnchen in die Epithelzellen ist nichts Sicheres bekannt. Die Anschauungen von Thanhoffer und Wiedersheim, wonach die Stäbchen der Epithelien (als Pseudopodien) durch ihre Bewegung die Aufnahme bewirken sollen, sind durch die Nachuntersucher nicht bestätigt worden.

In den Epithelzellen findet man das Fett, ebenso wie im Darmkanale, in Tröpfchen von sehr verschiedener Grösse, die aber nicht so fein sind wie die Körnchen im Chylus. Im Chylus besteht eine staubartige Vertheilung des Fettes zu unmessbar feinen Tröpfchen, die jedenfalls beim Uebertritt des Fettes in die Chylusgefässe entsteht. Die Tröpfchen in den Epithelzellen werden durch Contractionen des Zellleibes vorwärts getrieben in das Zottenparenchym. In diesem werden sie durch die pericellulären Räume durchgetrieben und gegen den Centralraum hinbewegt. Diese Fettkörnchenbewegung erfolgt durch die Muskelcontractionen der Zotte (s. S. 861). Das Fett tritt in die Chylusgefässe ein und wird fortgetrieben bis in die Gefässe der Submucosa, woselbst der etwaige Rücktritt durch die in den dortigen Gefässen vorhandenen Klappen gehindert wird. — Die Frage, ob nur die Blutgefässe Fett abführen, ist noch nicht gelöst.

Ueber die quantitativen und zeitlichen Verhältnisse der Fettabsorption ist

ausser der Thatsache, dass schwer schmelzbare Fette langsam und wenig, leicht schmelzbare rasch und in grossen Mengen aufgesaugt werden, noch Folgendes bekannt: Jeder Organismus kann, selbst bei grösster Zufuhr, nur ein bestimmtes Fettquantum aufnehmen (Boussingault, Lenz, Bidder und Schmidt); so absorbirt 1 *kg* ältere Katze stündlich im Mittel 0,6, 1 *kg* junge Katze 0,42 *g* Fett. Der Chylus vermag bei Hunden 350 *g* Fette aus dem Darm aufzunehmen (Pettenkofer, Voit, Hoffmann). Bei einer reichlichen Fettmahlzeit steigt die Fettabsorption bis zur 5. Stunde an, bleibt dann bis zur 20. gleich hoch und sinkt bis zur 30. Stunde; jetzt ist das Fett bis auf Spuren aus dem Darm verschwunden. Von 150 *g* aufgenommenem Fette fand Zawilsky in der 21. Stunde noch 9,74 *g* im Magen und 6,24 *g* im Darm. In der 22. Stunde waren 130 *g* aus dem Darm verschwunden. Im Chylus wurden aber nur 84 *g* gefunden; wo das andere Fett geblieben ist, das ist unbekannt. Der Fettgehalt des Darminhaltes zeigte in den 30 Stunden nur geringe Schwankungen (von 6—9 *g*); demnach muss man annehmen, dass der Fettübertritt aus dem Magen nach dem Darm sich nach der im Darm erfolgenden Aufsaugung regelt. Nicht der Magen, sondern der Darm entscheidet über den Uebertritt des Fettes in den Darm.

J. Munk fand, dass der Fettgehalt des Chylus bei Verabreichung von Olivenöl bis zur 5. Stunde, bei Genuss von Hammeltalg bis zur 7.—8. Stunde, bei Klystiren von emulgirtem Olivenöl bis zur 9. Stunde stieg und dann stetig abnahm.

Hier möge noch erwähnt werden, dass die Ausnutzung der Fette bei Verabreichung von viel Fleisch (bei Eiweissüberschuss) gesteigert wird (Rosenheim).

5. Eiweisskörper und Peptone. Zur Aufsaugung gelangen reines Eiweiss (Brücke), namentlich mit ClNa-Zusatz (Funke, Bauer, von Voit, Eichhorst, Latschenberger, Busch), Caseïn, Myosin, Alkali-Albuminate, Leim (Voit, Bauer, Eichhorst) und vor Allem Pepton. Die Aufsaugung erfolgt hauptsächlich im Dünndarm; aber auch der Dickdarm kann diese Körper absorbiren; allerdings saugt z. B. der Dickdarm des Menschen täglich nur ca. 6 *g* Eiweiss auf. Von den Eiweisskörpern werden auch im Dünndarm nicht aufgesaugt: Eieralbumin ohne ClNa-Zusatz, Serumalbumin, Fibrin.

Die Abführung der Eiweisskörper aus dem Darm geschieht durch die Blutgefässe (Schmidt-Mühlheim s. S. 857, Subbottin). Die Aufnahme in die Zotten erfolgt unter activer Thätigkeit der Epithelzellen. Ohne diese wäre eine lebhafte Aufsaugung bei dem hohen endosmotischen Aequivalente (der schweren Diffusibilität und Filtrirbarkeit) der meisten Albuminate unmöglich. Ob die Peptone ein kleines endosmotisches Aequivalente haben (Funke) oder ein hohes (von Wittich, Adamkiewicz, Maly) ist noch zweifelhaft; jedenfalls steht so viel fest, dass sie leichter filtriren und diffundiren als das unveränderte Eiweiss, aber viel schwerer als crystalloide Körper.

Nach Brücke gelangen die Eiweisskörper wesentlich als Syntonin und lösliche, neutrale Albuminate zur Aufsaugung; die Peptonisirung ist etwas Nebensächliches. Nur das unveränderte Eiweiss kann als Ersatz für verbrauchtes Eiweiss verwerthet werden; die Peptone werden rasch weiter zersetzt und können höchstens als Kraftquelle dienen. — Dieser Brücke'schen Anschauung widerspricht, ausser verschiedenen

im Nachfolgenden anzuführenden Gründen, schon die Thatsache, dass im Magen und Darm mehr Peptone als gelöstes Eiweiss angetroffen werden (Schmidt-Mühlheim, Ellenberger und Hofmeister).

Das Pepton gelangt bei der Aufsaugung in die Blutgefässe (Schmidt-Mühlheim). Im Chylus findet man kein Pepton, im Blute wenig (0,028– 0,055 pCt., Schmidt-Mühlheim, F. Hofmeister, Drosdorf, Plósc, Gyergyai) oder kein Pepton (Neumeister, Lehmann, Hoppe-Seyler, de Bary). Ebensowenig kommt dasselbe in den Geweben oder im Harn vor. Nach Fibrinfütterung enthält das Blut viel Propepton (Schmidt-Mühlheim). Die Thatsache, dass die thierischen Säfte wenig oder kein Pepton enthalten, während im Darminhalt und oft auch in der Darmschleimhaut relativ viel Pepton vorkommt, drängt uns in Verbindung mit der weiteren Thatsache, dass Thiere, die nur mit Pepton ernährt wurden, wohl und gesund blieben und an Körpergewicht zunahmen (Plósc, Adamkiewicz, Gyergyai, Maly) zu der Schlussfolgerung, dass das Pepton bei oder nach der Aufsaugung (vielleicht auf dem Wege der Deshydration) in Eiweiss (z. B. in Serumalbumin) zurückverwandelt wird (Salvioli, F. Hofmeister, Schmidt-Mühlheim). Als Ort der Umwandlung werden von einigen Autoren die Darmschleimhaut (Hofmeister, Heidenhain), von anderen die Leber (Fede, Hermann), von Fano die Erythrocyten und von F. Hofmeister die Leucocyten angesehen.

Pepton, welches in ausgeschnittene, aber noch lebende Darmschlingen eingebracht wird, geht in Albumin über (Salvioli). Es verschwindet aus der Darmschlinge, ohne im Blute wieder zu erscheinen. Bei Einführung von Pepton entsteht in der Magen- und Darmhöhle Serumalbumin (Ott). Pepton, welches direkt in das Blut oder subcutan injicirt wird, geht nicht in Eiweiss über, sondern wird als Pepton ausgeschieden. Die Pfortader enthält nicht mehr Pepton als die Lebervenen; sonach scheint die Leber nicht der Ort der Umwandlung des Pepton in Eiweiss zu sein. — Für die Darmschleimhaut als Umwandlungsort spricht die Thatsache, dass eine durch Einwerfen in kochendes Wasser sofort getödtete Darmschleimhaut reicher an Pepton ist, als eine solche, die man noch einige Zeit bei 40° C. lebend erhält.

Die Aufsaugung von Pepton und Eiweiss führt zur Vermehrung der Leucocyten in der Darmwandung, zum Grösserwerden der Follikel, zum Dickerwerden des subglandulären Stratum granulosum u. dergl.

F. Hofmeister erklärt diese Erscheinungen wie folgt: Die Leucocyten und eventuell (bei Peptonüberschuss) die Zellen der Lymphdrüsen nehmen das Pepton auf und assimiliren dasselbe, d. h. sie wandeln es in Eiweiss um. Die Zellen wachsen in Folge dessen und vermehren sich lebhaft unter mitotischen Vorgängen. Die jungen Zellen gelangen in das Blut und vertheilen die Albuminate (die umgewandelten Peptone) an die Gewebe.

Die meisten Autoren nehmen an, dass die Bildung von Albuminaten aus Peptonen in den Epithelzellen stattfinde und dass auch die Aufsaugung nicht von den Leucocyten, sondern von den activ thätigen Epithelzellen bewirkt werde. Die Aufsaugung wird durch osmotische Vorgänge, für welche besonders Pepton mit ClNa geeignet ist (Regeczy), unterstützt.

Ueber die Eiweissabsorption haben unsere Versuche Folgendes ergeben: Von den mit einer Hafermahlzeit von Schweinen aufgenommenen Eiweissmengen waren absorbirt:

2 Stunden nach der Mahlzeit . . .	40,5 pCt.
3 » » » » . . .	45,0 »
4 » » » » . . .	62,0 »
6 » » » » . . .	64,0 »
10 » » » » . . .	65,0 »
12 » » » » . . .	62,0 »
22 » » » » . . .	75,0 »

Von dem mit 500 *g* Fleisch den Schweinen einverleibten Eiweissmengen waren absorbirt:

1 Stunde nach der Mahlzeit . .	6,7 pCt.	(8,2 *g*)
2 Stunden » » » . .	22,0 »	(27,7 »)
4 » » » » . .	27,6 »	(35,9 »)
5 » » » » . .	33,0 »	(42,0 »)
8 » » » » . .	74,8 »	(72,0 »)
12 » » » » . .	84,8 »	(101,0 »)

Die Resultate der mit Pferden in Bezug auf die Absorption von Eiweiss angestellten Versuche geben wir nicht an, weil diejenige im Magendarmkanale des Pferdes vorhandene N-Menge, welche aus dem Körper stammt, so beträchtlich ist, dass die Versuchsergebnisse nicht zu verwenden sind. Goldschmidt fand z. B. bei einem Pferde 110 *g* Eiweiss im Darmkanal, das sämmtlich dem Körper entstammen musste, weil das Thier eine N-freie Nahrung erhalten hatte.

Bei Hunden fand Schmidt-Mühlheim, dass von 200 *g* der mit Fleisch eingeführten Eiweisskörper absorbirt waren:

1 Stunde nach der Mahlzeit . . .	3,9 pCt.
2 Stunden » » » . . .	36,2 »
4 » » » » . . .	47,4 »
6 » » » » . . .	56,4 »
9 » » » » . . .	75,2 »
12 » » » » . . .	94,8 »

Diese Zahlen über die Absorption können noch höher gesetzt werden, weil der im Magen und Darm vorhandene und auf Nahrungseiweiss berechnete N z. Th. dem Körper entstammt und sonach z. Th. also auf Schleim und Verdauungssecrete zu beziehen ist.

Der Umfang der Aufsaugung der Nahrungsbestandtheile hängt natürlich wesentlich von der Aufenthaltsdauer des Chymus im Darmkanale ab. Bei raschem Durchgange des Speisebreies durch den Darm wird nur wenig von den in ihm enthaltenen Nährstoffen aufgesaugt werden. — Eine interessante Beobachtung ist es, dass bei Einbringen von Eiweiss (von defibrinirtem Blute) in das Blut die Stickstoffausscheidung nur unbedeutend steigt, während sie bedeutend zunimmt, wenn man dasselbe Eiweiss per os verabreicht (Ludwig, Tschirieff, Forster). Diese Beobachtung betrachtet

Brücke als eine Stütze für seine oben dargelegte Anschauung über die Bedeutung der Peptone.

Der Chylus.

Als Chylus bezeichnet man den Inhalt der in der Magen-Darmwand entspringenden Lymphgefässe, die auch Chylusgefässe genannt werden. Der Chylus besteht aus dem aus dem Darminhalte Aufgesaugten und aus Lymphe (dem aufgesaugten Parenchymsaft der Darmwand). Die Beschaffenheit und die Zusammensetzung des Chylus ist nach der Thierart, nach der Nahrung, nach dem Verdauungsstadium u. dergl. sehr verschieden. Bei Fett- und Milchnahrung und bei Körnerfütterung ist er dicklich, milchig, trübe, undurchsichtig, weisslich; bei Heufütterung gelblich, klar, durchsichtig, bei hungernden Thieren hell und transparent u. s. w. Er reagirt alkalisch, schmeckt salzig und hat ein specifisches Gewicht von 1,012—1,022.

Als **morphologische Bestandtheile** treten uns Leucocyten und Fettkörnchen entgegen. Die ersteren sind in geringer Zahl vorhanden; erst wenn der Chylus die Gekrösdrüsen durchströmt hat, wird er reicher an diesen Elementen. Die Fettkörnchen sind in um so grösserer Zahl vorhanden, je reicher die Nahrung an Fett ist; sie geben dem Chylus das milchige Aussehen. Der Chylus stellt eine Fettemulsion dar, die sich aber bei Essigsäurezusatz nicht klärt und dabei keine grösseren Fetttropfen liefert. Die Fettkörnchen des Chylus sind ausserordentlich klein und befinden sich stets in lebhafter Bewegung; sie messen noch nicht $^1/_2$ μ (v. Frey). Der Chylus ist von allen Fettemulsionen die feinste und am gleichmässigsten gearbeitete. Sie ist beständiger als jede andere Emulsion in Folge der äussersten Kleinheit der Tröpfchen und deren Suspension in einer Eiweisslösung (von Frey). Neben diesen beiden Gebilden findet man noch Erythrocyten in sehr geringer Menge. Wenn der Chylus nicht mehr die lebende Gefässwand berührt, gerinnt er langsam zu einem weichen Kuchen, der sich wie der Lymphkuchen verhält. Der Chyluskuchen besteht nach C. Schmidt aus 906,28 Wasser und 93,72 festen Stoffen (darunter 83,85 Eiweisskörper); das Serum aus 962,70 Wasser und 37,30 festen Stoffen (23,33 Eiweiss).

Die **chemischen Bestandtheile** des Chylus sind: Fett, verschiedene Eiweissarten, Fibringeneratoren, Seifen, Zucker, Milchsäure (bei Amylaceennahrung, Lehmann), Harnstoff (Würtz, Poiseuille, Gobley), Eisen, Verdauungs-Fermente in Spuren (Grohe), Extractivstoffe, Salze, Lecithin (und zwar 0,3—1,6 pCt., von Walther) u. dergl. Der Chylus besitzt, abgesehen von seinem Fettgehalte, fast dieselbe Zusammensetzung wie die Lymphe; bei hungernden Thieren besteht kein Unterschied zwischen beiden Flüssigkeiten. Der Fettgehalt beträgt nach Nasse und Schmidt bei fetthaltiger Nahrung 3 pCt., nach Zawilski im Durchschnitt 8, ja unter Umständen 15 pCt.

Bei Pflanzenfressern sind Lymphe und Chylus oft gleich zusammengesetzt. So

fand C. Schmidt bei einem Füllen die Lymphe des Duct. trachealis dexter fast genau ebenso zusammengesetzt, wie den Inhalt des Ductus thoracicus.

Von Rees und Würtz liegen eine ganze Anzahl von vergleichenden Analysen der Lymphe und des Chylus bei denselben Thieren (Esel, Kuh, Stier) vor, die sämmtlich das Resultat ergeben, dass diese beiden Flüssigkeiten in der chemischen Zusammensetzung einander sehr ähnlich sind. Wir verzichten deshalb auf den Abdruck dieser Analysen, geben aber nachstehend einige Analysen des Chylus von Simon, Rees, Lassaigne, Schmidt, Nasse, Würz, Gorup-Besanez.

	Mensch	Pferd	Esel	Stier	Kuh	Rind	Hund	Katze	Pferd
Wasser . .	905,0	928,23	902,37	929,71	962,2	964,40	916,45	905,7	971,0 – 967,9
Eiweiss . .	71,0	50,61	51,50	61,60	27,40	28,95	37,91	50,2	19,32 – 60,53
Fett	9,0	4,89	36,01	2,55	0,49	0,4	33,02	32,70	Spuren – 36,01
Salze . . .	4,0	} 11,42	7,11	6,12	9,89	5,70	8,39	} 11,40	.
Exstraktstoffe	.					0,55	4,03		

Gmelin fand einen Unterschied zwischen dem Chylus vor und denjenigen nach den Mesenterialdrüsen:

	vor den Drüsen	nach den Drüsen
Wasser	87,10	94,86
Albuminate	3,38	2,42
Extractstoffe und Salze . . .	9,03	0,96
Fett	9,03	1,23
Trockenes Coagulum . . .	Spuren	3,1

An Aschenbestandtheilen fand C. Schmidt: Chlornatrium 5,84, Natron 1,17, Kali 0,13, Schwefelsäure 0,5, Phosphorsäure 0,05, phosphorsauren Kalk 0,20, phosphorsaure Magnesia 0,05, Eisen in Spuren. Die Kalisalze überwiegen im Morphologischen, das Natron im Serum.

Die tägliche **Chylusmenge** beträgt nach Bidder und Schmidt $^1/_4$—$^1/_6$, nach Ludwig und Krause $^1/_4$—$^2/_5$ des Körpergewichtes, nach F. Hofmeister beim Hunde 100 und beim Schaf 126 *g* pro Kilo Lebendgewicht.

Nutzen der Chylusbildung. Der Chylus und die Lymphe erhalten das Blut in normaler Mischung und Menge. Bei Anlage einer Fistel an den Duct. thoracicus mindert sich der Wassergehalt des Blutes, während die Menge der Erythro- und Leucocyten relativ zunimmt. Nach einigen Tagen entstehen Inanitionserscheinungen, die in 8—14 Tagen verschwinden, wenn die Fistel geschlossen wird. Sobald aber der Lymphverlust eine gewisse Höhe erreicht (bei nüchternen Hunden 14—25 pCt. der Blutmenge, 135—327 *ccm*), dann tritt der Tod ein (Ludwig, Lesser).

Boerhave verlegte die Bildung des Chylus in den Magen, während viele spätere Autoren denselben als das Product der Gallenwirkung auf den Chymus betrachten.

Die Chylusbewegung. Die Bewegung des Chylus erfolgt nach den bekannten Gesetzen und unter Wirkung der bei Abhandlung der Lymphbewegung besprochenen Mechanismen (siehe S. 694). Als besondere treibende Kräfte kommen bei der Chylusbewegung noch in Betracht: 1. die treibenden Kräfte in der Zotte (Zottenepithel, Zottenmuskulatur, Leucocyten), 2. die Contractionen der Muscularis mucosae (Rud. Wagner), welche die Lymphe in die submucösen Gefässe treiben, und die Spannung und Erschlaffung des Stratum fibrosum (s. vorn), 3. Die Contractionen der Muscularis der Darmwand (die peristaltischen Bewegungen). Diese treiben die Lymphe der submucösen mit Klappen versehenen Gefässe vorwärts (Rud. Wagner), 4. Die Contractionen (Peristaltik) der Mesenterialgefässe und die Contractionen der Mesenterialdrüsen.

Schicksale des Aufgesaugten. Das Fett wird zum Theil im Körper abgelagert und zum Theil verbrannt. Die milchsauren Salze verbrennen zu kohlensauren Salzen. Der Zucker und die Dextrine werden zum Theil in der Leber und in den Muskeln als Glycogen abgelagert und bei Bedarf weiter verwendet (s. vorn), zum Theil zu CO_2 und H_2O verbrannt. Bei den Schweinen wird ein Theil der Kohlehydrate zu Fett. Die Eiweisskörper werden zum Theil zu Organeiweiss, indem sie das Verbrauchte ersetzen, zum Theil bleiben sie circulirendes Eiweiss, welches das sogenannte Spaltungsfett, Harnstoff, Harnsäure und eine Menge der bekannten Producte der regressiven Metamorphose liefert. Das Pepton wird zum Theil in Eiweiss zurückverwandelt und zum Theil zur Bildung der Gallenbestandtheile, des Creatin, Leucin, Tyrosin, Sarcin, Xanthin, der Harnsäure und der Hippursäure, des Creatinin und des Harnstoffs verwendet.

Die Assimilation. Die Umwandlung der aus der Nahrung dem Blute direct oder indirect zugeführten Substanzen in die verschiedenen chemischen Bestandtheile des Körpers nennt man Assimilation. Dieser Vorgang ist deshalb nothwendig, weil sich die meisten Körperbestandtheile nicht in der Nahrung finden, wie z. B. Zellprotoplasma, Hämoglobin, contractile Substanz, Nervenmark u. s. w. Diese Bestandtheile müssen also durch chemische Umwandlung der absorbirten Nahrungsbestandtheile gebildet werden. Diese Bildung wird in der Regel nur auf synthetischem Wege möglich sein und zwar wahrscheinlich auf dem Wege der hydrolytischen Synthese. Diese Vorgänge finden zweifellos nicht im Blute, sondern erst in den Zellen und Geweben statt, wofür die Thatsache spricht, dass das Blut die meisten der charakteristischen Gewebsbestandtheile nicht enthält. Die in den Geweben ablaufenden Assimilationsvorgänge sind uns noch unbekannt. Nur gewisse Vorbereitungen finden an den Verdauungsprodukten unmittelbar vor und während der Absorption und in dem Blute und Chylus statt. Zu diesen vorbereitenden Vorgängen kann man rechnen: die Umwandlung des Pepton, welches sich weder in den Säften, noch in den Geweben, noch im Harn findet (Lehmann, Hoppe-Seyler, de Bary, Fede) in

Eiweiss, die Umwandlung der Fettspaltungsprodukte und insbesondere die der Fettsäuren in Fette und die Umwandlung des Zuckers in Glycogen, welch' letzterer Vorgang in der Leber stattfindet (s. S. 545). Die Absorption steht natürlich im direktesten Zusammenhange mit der Blutbildung; sie ersetzt nicht allein die verbrauchten flüssigen Bestandtheile des Blutes, sondern auch dessen morphologische Elemente und zwar letztes dadurch, dass sie das Material für die Bildung neuer Blutkörperchen liefert.

Literatur. In Bezug auf die über Absorption und Resorption (S. 702) vorliegenden Veröffentlichungen gilt das S. 855 über die Verdauungs-Literatur Angegebene. Meine eigenen Untersuchungen sind in Gemeinschaft mit V. Hofmeister angestellt worden.

Verzeichniss der Druckfehler in den Kapiteln Blut, Blutkreislauf und Athmung.

Seite	208	Zeile	24	von	oben	lies	das statt des.
»	223	»	6	»	»	»	Taue statt Thaue.
»	244	»	14, 15, 17, 19 von unten lies *kgm* = Kilogrammmeter statt *kg*.				
»	254	»	6	von	oben	lies	Haematodynamometer statt Haematodynamanometer.
»	270	»	11	»	»	»	entspricht statt verspricht.
»	272	»	7	»	»	»	je statt ja.
»	276	»	21	»	»	»	*e* sind Elasticitätselevationen statt *e* und *f* sind . . .
»	283	»	1	»	»	»	Acceleration statt Acceration.
»	284	»	6	»	unten	»	Leukocyten » Leukopyten.
»	317	»	28	»	oben	»	cerebrale » centrale.
»	568	»	30	»	»	»	nahe statt nach.
»	568	»	37	»	»	»	*B'* » *B*.
»	568	»	40	»	»	»	*B* » *b*.
»	571	»	18	»	»	»	CO_2 äquivalent statt CO_2-Aequivalent.
»	577	»	6	»	unten	»	39,4° C. statt 39,75° C.
»	581	»	5	»	»	»	Bewohners statt wohners.
»	584	»	27	»	oben	»	Verhältnisse zu der statt Verhältnisse der.
»	597	»	10	»	»	»	Hamberger statt Hennberger.
»	597	»	7	»	unten	»	grössere statt geringere.
»	609	»	7	»	»	»	vor statt von.

Druck von Gebr. Unger in Berlin, Schönebergerstr. 17a.

